



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

---

Influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco

---

Línea de investigación:  
Ciencia y tecnología en el uso de materiales

Presentado por:

- Bach. Brigytte Yamileth Fernandez Silva  
(0009-0001-7003-7760)

- Bach. Eric Hammer Quecaño Lopez  
(0009-0002-6255-575X)

Para Optar al Título Profesional de Ingeniero  
Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Eigner Román Villegas  
(0000-0003-2401-707X)

CUSCO – PERÚ  
2023



### Metadatos

| Datos del autor                                  |   |
|--|---|
| Nombres y apellidos                              | BRIGYTTE YAMILETH FERNANDEZ SILVA   |
| Número de documento de identidad                 | 74805223  |
| URL de Orcid                                     | <a href="https://orcid.org/0009-0001-7003-7760">https://orcid.org/0009-0001-7003-7760</a> |
| Datos del autor                                  |   |
| Nombres y apellidos                              | ERIC HAMMER QUECAÑO LOPEZ   |
| Número de documento de identidad                 | 71799368  |
| URL de Orcid                                     | <a href="https://orcid.org/0009-0002-6255-575X">https://orcid.org/0009-0002-6255-575X</a> |
| Datos del asesor                                 |   |
| Nombres y apellidos                              | EIGNER ROMAN VILLEGAS   |
| Número de documento de identidad                 | 23928061  |
| URL de Orcid                                     | <a href="https://orcid.org/0000-0003-2401-707X">https://orcid.org/0000-0003-2401-707X</a> |
| Datos del jurado                                 |   |
| Presidente del jurado (jurado 1)                 |   |
| Nombres y apellidos                              | CARMEN CECILIA GIL RODRIGUEZ  |
| Número de documento de identidad                 | 23877911  |
| Jurado 2   |   |
| Nombres y apellidos                              | JORGE ALVAREZ ESPINOZA  |
| Número de documento de identidad                 | 23818765  |
| Jurado 3   |   |
| Nombres y apellidos                              | WALTER ROBERTO ALVAREZ MONTEROLA  |
| Número de documento de identidad                 | 24660325  |
| Jurado 4   |   |
| Nombres y apellidos                              | HEBER DARWIN GUTIERREZ VALLEJO  |
| Número de documento de identidad                 | 23921471  |
| Datos de la investigación                        |   |
| Línea de investigación de la Escuela Profesional | CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN EL USO DE MATERIALES  |



# Influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el secto

*by* ERIC HAMMER QUECAÑO LOPEZ

---

**Submission date:** 27-Dec-2023 12:37PM (UTC-0500)

**Submission ID:** 2265138572

**File name:** TESIS\_FINAL\_COMPLETA\_FERNANDEZ-QUECA\_O\_2.pdf (87.74M)

**Word count:** 73907

**Character count:** 370805



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

---

Influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco

---

Línea de investigación:  
Ciencia y tecnología en el uso de materiales

Presentado por:

- Bach. Brigytte Yamileth Fernandez Silva  
(0009-0001-7003-7760)

- Bach. Eric Hammer Quecaño Lopez  
(0009-0002-6255-575X)

<sup>1</sup>  
Para Optar al Título Profesional de Ingeniero  
Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Eigner Román Villegas  
(0000-0003-2401-707X)

CUSCO – PERÚ

2023



mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el secto

ORIGINALITY REPORT

25%

SIMILARITY INDEX

26%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

18%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Internet Source



13%

2

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Student Paper

7%

3

[repositorio.uandina.edu.pe](http://repositorio.uandina.edu.pe)

Internet Source

1%

4

[repositorio.upla.edu.pe](http://repositorio.upla.edu.pe)

Internet Source

1%

5

[repositorio.unsaac.edu.pe](http://repositorio.unsaac.edu.pe)

Internet Source

1%

6

Submitted to unsaac

Student Paper

1%

7

[repositorio.usanpedro.edu.pe](http://repositorio.usanpedro.edu.pe)

Internet Source

<1%

8

[repositorio.unheval.edu.pe](http://repositorio.unheval.edu.pe)

Internet Source

<1%



## Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: ERIC HAMMER QUECAÑO LOPEZ  
Assignment title: ACEITE QUEMADO  
Submission title: Influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y...  
File name: TESIS\_FINAL\_COMPLETA\_FERNANDEZ-QUECA\_O\_2.pdf  
File size: 87.74M  
Page count: 378  
Word count: 73,907  
Character count: 370,805  
Submission date: 27-Dec-2023 12:37PM (UTC-0500)  
Submission ID: 2265138572

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucilago de sábila al 25%, 50% y 75% en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco

Línea de investigación:  
Ciencia y tecnología en el uso de materiales

Presentado por:  
- Bach. Briggite Yamileth Fernandez Silva  
(0009-0001-7003-7760)  
- Bach. Eric Hammer Quecaño Lopez  
(0009-0002-6255-575X)

Para Optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:  
Mgt. Ing. Eigner Román Villegas  
(0000-0003-2401-707X)

CUSCO – PERÚ  
2023



### **Dedicatoria**

*Dedico este trabajo de investigación a mi familia, quienes son el motor y motivo de mi vida, de manera muy especial a mis padres quienes con su inmenso amor y dedicación están a lado mío desde el primer día de mi vida, ya que gracias a su gran apoyo y consejos durante todo este camino eh aprendido a superarme cada día más; a mis hermanos quienes son mi mayor fortaleza para seguir siempre adelante y a mi abuelita que me protege y cuida como una gran madre.*

***Brigytte Yamileth Fernandez Silva***

*Con mucho amor a mi madre por la confianza, comprensión y apoyo incondicional, por ser el principal pilar para poder lograr este objetivo, a mi padre que desde el cielo me ilumina y me guía para seguir adelante y cumplir con todas mis metas, a mi hermanita por ser inspiración para superarme día a día y a mi novia por su amor, paciencia y apoyo incondicional durante todo este largo y duro proceso*

*A mis amigos que con su ayuda y apoyo incondicional fueron parte de este gran logro.*

***Eric Hammer Quecaño Lopez***



## Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento de mi vida en el cual doy un paso tan importante en mi formación profesional, por guiarme y bendecirme con una familia tan maravillosa. Agradezco de manera muy especial a mis padres quienes pese a cada obstáculo y adversidad presente en sus vidas me dieron los más sabios consejos, el amor más puro y supieron siempre guiarme por el buen camino, gracias por estar siempre presentes en cada una de las etapas de mi vida y hacer de mi la gran persona que soy hoy en día.

A mi madre GIANNINA SILVA LEIVA a quien amo con todo mi ser, le agradezco por siempre confiar en mí e impulsarme a ser mejor cada día, tus sabias palabras, consejos y compañía permanente fueron claves a lo largo de toda mi formación tanto personal como profesional; agradezco tanto su compañía, apoyo incondicional, confianza y amor infinito hacia mí.

A mi padre JORGE FERNANDEZ QUISPE quien siempre me apoya e incentiva a lograr cada uno de mis propósitos, me protege y acompaña en cada uno de mis logros. Gracias por siempre cuidarme, por tu esfuerzo, fortaleza y ser un ejemplo de superación en mi vida.

A mis hermanos JORGIAN y JARETH quienes me consideran su ejemplo a seguir, les agradezco porque siempre están conmigo, son mis mayores confidentes y sus palabras siempre me alientan a ser mejor, por ustedes soy mejor cada día.

A mi abuelita BETHY LEIVA FLORES quien es una segunda madre para mí, agradezco su dedicación, predisposición y amor incondicional que siempre me brinda, gracias por cada una de tus palabras, por siempre confiar en mí y hacerme sentir que soy la mejor en lo que me propongo.

A nuestro asesor Mg. Eigner Román Villegas, por el conocimiento, aporte y guía brindados durante todo el proceso de esta investigación y a nuestros dictaminantes Mg. Ing. Walter Roberto Alvarez Monterola y Mg. Ing. Heber Darwin Gutierrez Vallejo por su predisposición y orientación que nos brindaron para culminar el presente trabajo.

De igual manera, quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo moral, compañía y aliento durante este gran proceso.

**BRIGYTTE YAMILETH FERNANDEZ SILVA**



Agradezco a Dios, quien me ha guiado, me ha dado fortaleza y sabiduría para seguir adelante a pesar de todas las adversidades que se presentaron.

A mis padres por su confianza, comprensión, apoyo económico y moral, y por nunca dejar de creer en mi persona.

A nuestro asesor Mg. Eigner Román Villegas, por la paciencia, perseverancia, generosidad y el gran aporte intelectual que nos brindó durante todo el proceso de esta investigación.

Agradezco a mis dictaminantes Mgt. Ing. Walter Roberto Alvarez Monterola e Mgt. Ing. Heber Darwin Gutierrez Vallejo, por su tiempo y predisposición en la revisión del trabajo de investigación, para que sea presentado en óptimas condiciones.

Así mismo, expreso mi gratitud a todas las personas, que me brindaron su apoyo y colaboración en la ejecución y desarrollo de este trabajo.

**ERIC HAMMER QUECAÑO LOPEZ**



## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia de la adición de aceite quemado de motor y mucílago de sábila en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera considerándose 3 dosificaciones: Suelo + 8% de aceite + 25% de mucilago, Suelo + 8% de aceite + 50% de mucilago y Suelo + 8% de aceite + 75% de mucilago. Dentro de las propiedades evaluadas: la plasticidad, la compactación, la capacidad de soporte y la permeabilidad del suelo. Se realizaron los ensayos de: granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia, clasificación SUCS y AASTHO, Proctor modificado, CBR y permeabilidad, todos estos ensayos se realizaron en un laboratorio de suelos tomando como base al “Manual de ensayo de materiales” y al American Society for Testing and Materials (ASTM). La metodología empleada en esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, con un nivel o alcance de la investigación descriptivo-explicativo, empleando el método de investigación hipotético-deductivo y un diseño metodológico experimental.

Al definir el tipo de suelo de acuerdo a la clasificación SUCS nos dio como resultado un suelo de tipo CL-ML (Arcilla Limosa de Baja plasticidad) para las 03 calicatas, y según la clasificación AASTHO nos dio un suelo de tipo A-4(4) para las calicatas 01, 02 y un suelo tipo A-4(3) para la calicata 03, describiéndose como: principalmente partículas finas limosas. El índice de plasticidad obtenido del suelo natural fue de 6.19%, para la dosificación 1 de 5.85%, para la dosificación 2 de 5.11% y para la dosificación 3 de 4.54%. Para Proctor Modificado el suelo natural tiene una DMS de 1.90 gr/cm<sup>3</sup> y un CHO de 9.86%, la dosificación 1 una DMS de 1.96 gr/cm<sup>3</sup> y CHO de 8.63%, la dosificación 2 una DMS de 1.96 gr/cm<sup>3</sup> y CHO de 8.24% y la dosificación 3 una DMS de 2.01 gr/cm<sup>3</sup> y CHO de 6.47%. El suelo natural tiene un CBR de 9.07%, la dosificación 1, CBR de 12.25%, la dosificación 2, CBR de 13.60% y la dosificación 3, CBR de 14.15%. El suelo natural tiene un grado de permeabilidad muy bajo al igual que la dosificación 1 y prácticamente impermeable con la dosificación 2 y 3. La investigación concluye que la adición de aceite quemado de motor en combinación con el mucilago de sábila influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera, ya que observamos una disminución en el índice de plasticidad, un incremento en el grado de compactación, una considerable mejora en el CBR pasando de subrasante regular a una subrasante buena y la disminución en el grado de permeabilidad del suelo. Siendo la dosificación 3 la que obtuvo mejores resultados.

Palabras Clave: Aceite quemado de motor, mucilago, sábila, DMS, CHO, CBR, permeabilidad.



### Abstract

The main objective of this research is to determine the influence of the addition of burned engine oil and aloe vera mucilage on the physical-mechanical properties of a cohesive soil at the road subgrade level, considering 3 dosages: Soil + 8% oil + 25 % mucilage, Soil + 8% oil + 50% mucilage and Soil + 8% oil + 75% mucilage. Among the properties evaluated: plasticity, compaction, support capacity and permeability of the soil. The tests were carried out on: granulometry, moisture content, consistency limits, SUCS and AASTHO classification, modified Proctor, CBR and permeability. All these tests were carried out in a soil laboratory based on the "Materials Testing Manual" and to the American Society for Testing and Materials (ASTM). The methodology used in this has a quantitative approach, with a descriptive-explanatory level or scope of research, using the hypothetico-deductive research method and an experimental methodological design.

When defining the type of soil according to the SUCS classification, the result was a soil type CL-ML (Low Plasticity Silty Clay) for the 03 pits, and according to the AASTHO classification it gave us a soil type A-4 (4) for pits 01, 02 and a soil type A-4(3) for pit 03, described as: mainly fine silty particles. The plasticity index obtained from the natural soil was 6.19%, for dosage 1 5.85%, for dosage 2 5.11% and for dosage 3 4.54%. For Modified Proctor, the natural soil has a DMS of 1.90 gr/cm<sup>3</sup> and a CHO of 9.86%, dosage 1 a DMS of 1.96 gr/cm<sup>3</sup> and CHO of 8.63%, dosage 2 a DMS of 1.96 gr/cm<sup>3</sup> and CHO of 8.24% and dosage 3 a DMS of 2.01 gr/cm<sup>3</sup> and CHO of 6.47%. The natural soil has a CBR of 9.07%, dosage 1, CBR of 12.25%, dosage 2, CBR of 13.60% and dosage 3, CBR of 14.15%. The natural soil has a very low degree of permeability like dosage 1 and is practically impermeable with dosages 2 and 3. The research concludes that the addition of burned engine oil in combination with aloe vera mucilage positively influences the physical properties. -mechanics of a cohesive soil at the road subgrade level, since we observed a decrease in the plasticity index, an increase in the degree of compaction, a considerable improvement in the CBR going from a regular subgrade to a good subgrade and the decrease in the degree of permeability of the soil. Dosage 3 being the one that obtained the best results.

Keywords: Burnt engine oil, mucilage, aloe vera, DMS, CHO, CBR, permeability.



## Introducción

Actualmente surge la necesidad de mejorar las propiedades de los suelos para su utilización en muchos ámbitos dentro de la ingeniería, tal como se da en carreteras, cimentaciones u otros siendo un gran aporte para la sociedad en cuanto a la realización de obras ingenieriles más eficaces y duraderas, la presente investigación se centra exclusivamente en demostrar la influencia que tiene la adición del aceite quemado de motor junto al mucílago de sábila en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián Cusco.

Además, empleamos el mucílago de sábila como aditivo natural el cual es económico y de fácil accesibilidad junto al aceite quemado de motor como un aditivo químico, el cual prácticamente se desecha y contamina el medio ambiente, específicamente al agua; por lo que mediante la investigación se pretende añadir estos aditivos, siendo accesibles y económicos.

En el primer capítulo se presenta el planteamiento del problema, su justificación, objetivos y las limitaciones de la investigación.

En la segunda parte se muestra el marco teórico respecto a toda la información básica sobre suelos cohesivos, sus propiedades, estabilización de suelos y descripción del aceite quemado de motor y mucílago de sábila a emplearse, además de la hipótesis y la operacionalización de variables.

En la tercera parte se encuentra la metodología de la investigación, población y muestra y se muestra a detalle los procedimientos de recolección y análisis de datos que finalmente nos brindan resultados, conclusiones y recomendaciones en relación a la adición de aceite quemado de motor y mucílago de sábila en sus distintas dosificaciones.



## Índice General

|  |       |
|--|-------|
| Dedicatoria .....                                    | iii   |
| Agradecimientos.....                                 | iv    |
| Resumen .....  | vi    |
| Abstract .....                                       | vii   |
| Introducción .....                                   | viii  |
| Índice General .....                                 | ix    |
| Índice De Tablas.....                                | xiii  |
| Índice De Figuras .....                              | xxiii |
| Capítulo I: Planteamiento del Problema.....          | 32    |
| 1.1. Identificación del Problema .....               | 32    |
| 1.1.1. Descripción del Problema .....                | 32    |
| 1.1.2. Formulación del Problema General.....         | 3     |
| 1.1.3. Formulación de los Problemas Específicos..... | 3     |
| 1.2. Justificación de la investigación .....         | 4     |
| 1.2.1. Justificación Técnica .....                   | 4     |
| 1.2.2. Justificación Social.....                     | 4     |
| 1.2.3. Justificación por Viabilidad .....            | 4     |
| 1.2.4. Justificación por Relevancia.....             | 5     |
| 1.3. Delimitaciones de la Investigación .....        | 5     |
| 1.4. Objetivo de la Investigación .....              | 5     |
| 1.4.1. Objetivo General .....                        | 5     |



|  |    |
|--|----|
| 1.4.2. Objetivos Específicos .....                               | 5  |
| Capítulo II: Marco Teórico de la Tesis.....                      | 6  |
| 2.1. Antecedentes de la tesis o Investigación Actual .....       | 6  |
| 2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional .....                       | 6  |
| 2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional.....                   | 8  |
| 2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes .....                         | 10 |
| 2.2.1. Aceite quemado de motor .....                             | 10 |
| 2.2.2. Mucílago de sábila .....                                  | 11 |
| 2.2.3. Suelos .....  | 14 |
| 2.2.4. Suelos cohesivos .....                                    | 17 |
| 2.2.5. Propiedades físicas del suelo.....                        | 18 |
| 2.2.6. Plasticidad en suelos - Limites de Atterberg.....         | 18 |
| 2.2.7. Propiedades mecánicas del suelo .....                     | 21 |
| 2.2.8. Compactación de suelos .....                              | 22 |
| 2.2.9. CBR.....  | 24 |
| 2.2.10. Permeabilidad del suelo .....                            | 24 |
| 2.2.11. Nivel de Subrasante.....                                 | 25 |
| 2.2.12. Estabilización de suelos .....                           | 27 |
| 2.2.13. Impacto ambiental .....                                  | 30 |
| 2.2.14. Acopio y almacenamiento del aceite quemado de motor..... | 31 |
| 2.2.15. Análisis de contaminación en el suelo .....              | 31 |
| 2.3. Hipótesis .....   | 32 |



|  |    |
|--|----|
| 2.3.1. Hipótesis General .....   | 32 |
| 2.3.2. Sub-Hipótesis .....   | 33 |
| 2.4. Definición de Variables .....   | 33 |
| 2.4.1. Variables Independientes .....  | 33 |
| 2.4.2. Variables Dependientes.....   | 34 |
| 2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables .....                         | 35 |
| Capítulo III: Metodología.....   | 36 |
| 3.1. Metodología de la Investigación.....                                      | 36 |
| 3.1.1. Enfoque de la Investigación .....                                       | 36 |
| 3.1.2. Nivel o Alcance de la Investigación.....                                | 36 |
| 3.2. Diseño de la Investigación .....  | 37 |
| 3.2.1. Diseño Metodológico .....   | 37 |
| 3.2.2. Diseño de Ingeniería.....   | 38 |
| 3.3. Población y Muestra .....   | 39 |
| 3.3.1. Población.....  | 39 |
| 3.3.2. Muestra.....  | 39 |
| 3.3.3. Criterios de Inclusión .....  | 41 |
| 3.4. Instrumentos.....   | 42 |
| 3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos ..... | 42 |
| 3.4.2. Instrumentos de Ingeniería .....  | 47 |
| 3.5. Procedimientos de Recolección de Datos .....                              | 51 |
| 3.5.1. Muestreo de Suelos .....  | 51 |
| 3.5.2. Obtención de mucílago de sábila .....                                   | 57 |



|  |     |
|--|-----|
| 3.5.3. Obtención del aceite quemado de motor .....   | 59  |
| 3.5.4. Ensayo de Contenido de Humedad (MTC E 108).....   | 61  |
| 3.5.5. Ensayo De Análisis Granulométrico De Suelos Por Tamizado NTP 339.128 (MTC E 107-101)..... | 64  |
| 3.5.6. Ensayo de límite líquido (MTC E 110).....   | 69  |
| 3.5.7. Ensayo de límite plástico e índice de plasticidad (MTC E 111) .....                       | 80  |
| 3.5.8. Ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115) .....  | 89  |
| 3.5.9. Ensayo California Bearing Ratio CBR (MTC E 132).....                                      | 104 |
| 3.5.10. Ensayo de Permeabilidad de los suelos.....   | 122 |
| 3.6. Procedimientos de Análisis de Datos.....  | 137 |
| 3.6.1. Determinación de Contenido de Humedad (MTC E 108).....                                    | 137 |
| 3.6.2. Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado NTP 339.128 (MTC E 107-101).....           | 141 |
| 3.6.3. Ensayo de Límite Líquido (MTC E 110) .....  | 147 |
| 3.6.4. Ensayo de Límite Plástico e índice de plasticidad (MTC E 111).....                        | 160 |
| 3.6.5. Clasificación de Suelos por el método SUCS .....  | 174 |
| 3.6.6. Clasificación de Suelos por el método AASHTO .....  | 179 |
| 3.6.7. Ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115) .....  | 184 |
| 3.6.8. Ensayo California Bering Ratio CBR (MTC E 132).....                                       | 198 |
| 3.6.9. Ensayo de Permeabilidad de los suelos.....  | 226 |
| Capítulo IV: Resultados.....   | 242 |
| 4.1. Límites de Atterberg .....  | 242 |
| 4.2. Compactación de Suelos en Laboratorio (Proctor Modificado) .....                            | 243 |



|  |     |
|--|-----|
| 4.3. Índice de CBR.....  | 244 |
| 4.4. Permeabilidad de los suelos (laboratorio).....                    | 245 |
| Capítulo V: Discusión .....  | 246 |
| 5.1. Contraste de los resultados con referentes del marco teórico..... | 246 |
| Glosario .....   | 249 |
| Conclusiones .....   | 250 |
| Recomendaciones.....   | 252 |
| Referencias .....  | 253 |
| Anexos.....  | 257 |

### Índice De Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Métodos de compactación del suelo .....  | 23 |
| Tabla 2: Número de calicatas para la exploración de suelos.....   | 26 |
| Tabla 3: Categorías de subrasante .....   | 27 |
| Tabla 4: Cuadro de Operacionalización de Variables.....   | 35 |
| Tabla 5: Cuantificación de la muestra.....  | 40 |
| Tabla 6: Guía de observación en laboratorio: Contenido de Humedad. ....                                       | 42 |
| Tabla 7: Guía de observación en laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado.<br>.....         | 43 |
| Tabla 8: Guía de observación en laboratorio: Límites de Atterberg – Límite Líquido y Límite<br>Plástico ..... | 44 |
| Tabla 9: Guía de observación en laboratorio: Proctor Modificado.....  | 45 |
| Tabla 10: Guía de observación en laboratorio: CBR en laboratorio .....  | 46 |



|   |    |
|---|----|
| Tabla 11: Guía de observación en laboratorio: Permeabilidad de suelos. ....                                     | 47 |
| Tabla 12: Perfil estratigráfico – Calicata 01.....  | 55 |
| Tabla 13: Perfil estratigráfico – Calicata 02.....  | 56 |
| Tabla 14: Perfil estratigráfico – Calicata 03.....  | 57 |
| Tabla 15: Toma de datos: Contenido de Humedad – Calicata 01.....  | 62 |
| Tabla 16: Toma de datos: Contenido de Humedad – Calicata 02.....  | 63 |
| Tabla 17: Toma de datos: Contenido de Humedad – Calicata 03.....  | 64 |
| Tabla 18: Toma de datos: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado – Calicata 01.....                      | 67 |
| Tabla 19: Toma de datos: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado – Calicata 02.....                      | 68 |
| Tabla 20: Toma de datos: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado – Calicata 03.....                      | 69 |
| Tabla 21: Toma de datos: Proporción de la dosificación 1. ....  | 71 |
| Tabla 22: Toma de datos: Proporción de la dosificación 2. ....  | 71 |
| Tabla 23: Toma de datos: Proporción de la dosificación 3. ....  | 71 |
| Tabla 24: Toma de datos: Límite Líquido – Calicata 01.....  | 74 |
| Tabla 25: Toma de datos: Límite Líquido – Calicata 02.....  | 75 |
| Tabla 26: Toma de datos: Límite Líquido – Calicata 03.....  | 75 |
| Tabla 27: Toma de datos: Límite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 76 |
| Tabla 28: Toma de datos: Límite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 ..... | 76 |
| Tabla 29: Toma de datos: Límite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 ..... | 77 |
| Tabla 30: Toma de datos: Límite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata                     |    |



|   |    |
|---|----|
| 02 - ensayo .....   | 77 |
| Tabla 31: Toma de datos: Límite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata<br>02 - ensayo 2 .....                          | 78 |
| Tabla 32: Toma de datos: Límite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata<br>02 - ensayo 3 .....                          | 78 |
| Tabla 33: Toma de datos: Límite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata<br>02 - ensayo 1 .....                          | 79 |
| Tabla 34: Toma de datos: Límite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata<br>02 - ensayo 2 .....                          | 79 |
| Tabla 35: Toma de datos: Límite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata<br>02 - ensayo 3 .....                          | 80 |
| Tabla 36: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 01. ....  | 83 |
| Tabla 37: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 02. ....  | 83 |
| Tabla 38: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 03. ....  | 84 |
| Tabla 39: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite +<br>25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 84 |
| Tabla 40: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite +<br>25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 ..... | 85 |
| Tabla 41: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite +<br>25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 ..... | 85 |
| Tabla 42: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite +<br>50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 86 |
| Tabla 43: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite +<br>50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 ..... | 86 |
| Tabla 44: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite +<br>50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 ..... | 87 |



|  |     |
|--|-----|
| Tabla 45: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 87  |
| Tabla 46: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 ..... | 88  |
| Tabla 47: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 ..... | 88  |
| Tabla 48: Toma de datos: Proctor modificado - calicata 01. ....  | 93  |
| Tabla 49: Toma de datos: Proctor modificado - calicata 02. ....  | 94  |
| Tabla 50: Toma de datos: Proctor modificado - calicata 03. ....  | 95  |
| Tabla 51: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....                      | 96  |
| Tabla 52: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....                      | 97  |
| Tabla 53: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 .....                      | 98  |
| Tabla 54: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....                      | 99  |
| Tabla 55: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....                      | 100 |
| Tabla 56: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 .....                      | 101 |
| Tabla 57: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....                      | 102 |
| Tabla 58: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....                      | 103 |
| Tabla 59: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago -   |     |



|  |     |
|--|-----|
| calicata 02 - ensayo 3 .....   | 104 |
| Tabla 60: Toma de datos: CBR - calicata 01. ....   | 110 |
| Tabla 61: Toma de datos: CBR - calicata 02. ....   | 111 |
| Tabla 62: Toma de datos: CBR - calicata 03. ....   | 112 |
| Tabla 63: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 113 |
| Tabla 64: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2.....  | 114 |
| Tabla 65: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3.....  | 115 |
| Tabla 66: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 116 |
| Tabla 67: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2.....  | 117 |
| Tabla 68: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3.....  | 118 |
| Tabla 69: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1.....  | 119 |
| Tabla 70: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2.....  | 120 |
| Tabla 71: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3.....  | 121 |
| Tabla 72: Toma de datos: Permeabilidad - calicata 01. ....   | 126 |
| Tabla 73: Toma de datos: Permeabilidad - calicata 02. ....   | 127 |
| Tabla 74: Toma de datos: Permeabilidad - calicata 03. ....   | 128 |



|  |     |
|--|-----|
| Tabla 75: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 129 |
| Tabla 76: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 ..... | 130 |
| Tabla 77: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 ..... | 131 |
| Tabla 78: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 132 |
| Tabla 79: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 ..... | 133 |
| Tabla 80: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 ..... | 134 |
| Tabla 81: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 135 |
| Tabla 82: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 ..... | 136 |
| Tabla 83: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 ..... | 137 |
| Tabla 84: Contenido de humedad - calicata 01.....  | 138 |
| Tabla 85: Contenido de humedad - calicata 02.....  | 139 |
| Tabla 86: Contenido de humedad - calicata 03.....  | 140 |
| Tabla 87: Análisis Granulométrico por tamizado - calicata 01.....  | 144 |
| Tabla 88: Análisis Granulométrico por tamizado - calicata 02.....  | 145 |
| Tabla 89: Análisis Granulométrico por tamizado - calicata 03.....  | 146 |
| Tabla 90: Límite líquido - calicata 01.....  | 148 |



|  |     |
|--|-----|
| Tabla 91: Límite líquido - calicata 02. ....   | 149 |
| Tabla 92: Límite líquido - calicata 03. ....   | 150 |
| Tabla 93: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1<br>.....  | 151 |
| Tabla 94: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2<br>.....  | 152 |
| Tabla 95: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3<br>.....  | 153 |
| Tabla 96: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1<br>.....  | 154 |
| Tabla 97: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2<br>.....  | 155 |
| Tabla 98: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3<br>.....  | 156 |
| Tabla 99: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1<br>.....  | 157 |
| Tabla 100: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2<br>..... | 158 |
| Tabla 101: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3<br>..... | 159 |
| Tabla 102: Tabla resumen – Límites líquidos.....   | 160 |
| Tabla 103: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 01. ....                               | 162 |
| Tabla 104: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 02. ....                               | 163 |
| Tabla 105: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 03. ....                               | 164 |
| Tabla 106: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago          |     |



|   |     |
|---|-----|
| - calicata 02 - ensayo 1 .....  | 165 |
| Tabla 107: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago<br>- calicata 02 - ensayo 2 ..... | 166 |
| Tabla 108: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago<br>- calicata 02 - ensayo 3 ..... | 167 |
| Tabla 109: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago<br>- calicata 02 - ensayo 1 ..... | 168 |
| Tabla 110: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago<br>- calicata 02 - ensayo 2 ..... | 169 |
| Tabla 111: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago<br>- calicata 02 - ensayo 3 ..... | 170 |
| Tabla 112: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago<br>- calicata 02 - ensayo 1 ..... | 171 |
| Tabla 113: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago<br>- calicata 02 - ensayo 2 ..... | 172 |
| Tabla 114: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago<br>- calicata 02 - ensayo 3 ..... | 173 |
| Tabla 115: Tabla resumen – Límites Plásticos.....   | 174 |
| Tabla 116: Límites de Atterberg .....   | 174 |
| Tabla 117: Clasificación SUCS del suelo – calicata 01 .....   | 176 |
| Tabla 118: Clasificación SUCS del suelo – calicata 02 .....   | 177 |
| Tabla 119: Clasificación SUCS del suelo – calicata 03 .....   | 178 |
| Tabla 120: Clasificación de los Suelos – Método AASHTO.....   | 180 |
| Tabla 121: Clasificación AASHTO del Suelo– Calicata 01 .....  | 181 |



|  |     |
|--|-----|
| Tabla 122: Clasificación AASHTO del Suelo– Calicata 02 .....   | 182 |
| Tabla 123: Clasificación AASHTO del Suelo– Calicata 03 .....   | 183 |
| Tabla 124: Proctor modificado - calicata 01 .....  | 186 |
| Tabla 125: Proctor modificado - calicata 02 .....  | 187 |
| Tabla 126: Proctor modificado - calicata 03 .....  | 188 |
| Tabla 127: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo<br>1 ..... | 189 |
| Tabla 128: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo<br>2 ..... | 190 |
| Tabla 129: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo<br>3 ..... | 191 |
| Tabla 130: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo<br>1 ..... | 192 |
| Tabla 131: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo<br>2 ..... | 193 |
| Tabla 132: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo<br>3 ..... | 194 |
| Tabla 133: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo<br>1 ..... | 195 |
| Tabla 134: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo<br>2 ..... | 196 |
| Tabla 135: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo<br>3 ..... | 197 |
| Tabla 136: Tabla resumen – Proctor Modificado.....   | 198 |
| Tabla 137: CBR - calicata 01 .....   | 202 |



|   |     |
|---|-----|
| Tabla 138: CBR - calicata 02 .....  | 204 |
| Tabla 139: CBR - calicata 03 .....  | 206 |
| Tabla 140: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....              | 208 |
| Tabla 141: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....              | 210 |
| Tabla 142: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 .....              | 212 |
| Tabla 143: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....              | 214 |
| Tabla 144: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....              | 216 |
| Tabla 145: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 .....              | 218 |
| Tabla 146: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....              | 220 |
| Tabla 147: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....              | 222 |
| Tabla 148: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 .....              | 224 |
| Tabla 149: Tabla resumen – valores de CBR.....  | 226 |
| Tabla 150: Permeabilidad - calicata 01 .....  | 229 |
| Tabla 151: Permeabilidad - calicata 02 .....  | 230 |
| Tabla 152: Permeabilidad - calicata 03 .....  | 231 |
| Tabla 153: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1<br>..... | 232 |
| Tabla 154: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2<br>..... | 233 |
| Tabla 155: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3<br>..... | 234 |
| Tabla 156: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1<br>..... | 235 |



|   |     |
|---|-----|
| Tabla 157: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2<br>..... | 236 |
| Tabla 158: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3<br>..... | 237 |
| Tabla 159: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1<br>..... | 238 |
| Tabla 160: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2<br>..... | 239 |
| Tabla 161: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3<br>..... | 240 |
| Tabla 162: Tabla resumen - Permeabilidad.....   | 241 |
| Tabla 163: Resultados: Índice de plasticidad.....   | 242 |
| Tabla 164: Resultados: Proctor Modificado.....  | 243 |
| Tabla 165: Resultados: CBR.....   | 244 |
| Tabla 166: Categorías de subrasante.....  | 244 |
| Tabla 167: Resultados: Permeabilidad.....   | 245 |

### Índice De Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Identificación del lugar de estudio.....     | 2  |
| Figura 2: Presencia de deformabilidad en el suelo..... | 2  |
| Figura 3: Planta de sábila .....                       | 12 |
| Figura 4: Fenómeno de plasticidad en suelos.....       | 19 |
| Figura 5: Determinación del Limite líquido.....        | 20 |



|  |    |
|--|----|
| Figura 6: Determinación del Limite Plástico .....                            | 21 |
| Figura 7: Suelo permeable e impermeable .....                                | 25 |
| Figura 8: Diseño de Ingeniería. ....   | 38 |
| Figura 9: Molde de CBR .....   | 49 |
| Figura 10: Disco espaciador y sobrecargas de CBR. ....                       | 50 |
| Figura 11: Aparato medidor de expansión. ....                                | 50 |
| Figura 12: Ubicación de la vía, A.P.V. Villa Unión, San Sebastián-Cusco..... | 52 |
| Figura 13: Mapa de la ubicación de calicatas para exploración de suelos..... | 52 |
| Figura 14: Demarcación de la calicata 01 .....                               | 53 |
| Figura 15: Demarcación de la calicata 02 .....                               | 53 |
| Figura 16: Excavación y toma de muestra de la calicata 01 .....              | 53 |
| Figura 17: Análisis estratigráfico de la calicata 02 .....                   | 54 |
| Figura 18: Medida de profundidad de la calicata 03 .....                     | 54 |
| Figura 19: Material extraído de la calicata 01 .....                         | 54 |
| Figura 20: Pelado de la sábila .....   | 58 |
| Figura 21: Sábila pelada lista para el licuado.....                          | 58 |
| Figura 22: Licuado de la sábila .....  | 59 |
| Figura 23: Almacenamiento de sábila en un balde de 20 l.....                 | 59 |
| Figura 24: Obtención de aceite quemado de motor.....                         | 60 |
| Figura 25: Almacenamiento del aceite quemado de motor.....                   | 60 |
| Figura 26: Ensayo de contenido de humedad.....                               | 61 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 27: Procedimiento de cuarteo del suelo .....                           | 65  |
| Figura 28: Muestra representativa del suelo .....                             | 65  |
| Figura 29: Lavado de la muestra .....   | 66  |
| Figura 30: Ensayo de granulometría del suelo .....                            | 66  |
| Figura 31: Granulometría del suelo de la calicata 01 .....                    | 66  |
| Figura 32: Muestra representativa pasante tamiz N°40 .....                    | 70  |
| Figura 33: Adición de agua a la mezcla .....                                  | 72  |
| Figura 34: División de la masa con el acanalador.....                         | 72  |
| Figura 35: Muestra ranurada .....   | 73  |
| Figura 36: Manipulación de la Cuchara de Casagrande.....                      | 73  |
| Figura 37: Ensayo de límite líquido con la dosificación 3 .....               | 74  |
| Figura 38: Preparación de la muestra con adición de agua .....                | 81  |
| Figura 39: Preparación de la muestra con adición de mucílago y aceite .....   | 81  |
| Figura 40: Elaboración de cilindros para límite plástico.....                 | 82  |
| Figura 41: Ensayo de Proctor modificado con la dosificación 3.....            | 90  |
| Figura 42: Mezcla proporcional de la dosificación 2 .....                     | 90  |
| Figura 43: Preparación de la muestra con la adición según dosificación 2..... | 91  |
| Figura 44: Compactación del suelo – 5 capas .....                             | 91  |
| Figura 45: Nivelación de superficie del molde .....                           | 92  |
| Figura 46: Adición de mucílago y aceite según dosificación 2.....             | 106 |
| Figura 47: Compactación de cada molde – 5 capas .....                         | 106 |



|  |     |
|--|-----|
| Figura 48: Toma de muestras representativas del material – suelo natural ..... | 107 |
| Figura 49: Moldes CBR listos para saturación – suelo natural .....             | 107 |
| Figura 50: Moldes CBR listos para saturación – dosificación 2 .....            | 108 |
| Figura 51: Lecturas de esfuerzo – deformación .....                            | 109 |
| Figura 52: Moldes ya sometidos a esfuerzo .....                                | 109 |
| Figura 53: Preparación de la mezcla para la dosificación 2 .....               | 122 |
| Figura 54: Compactación de la muestra de suelo .....                           | 123 |
| Figura 55: Nivelación de la superficie de la muestra .....                     | 123 |
| Figura 56: Colocación de la muestra en el permeámetro .....                    | 124 |
| Figura 57: Comprobación de inexistencia de desfogues de agua .....             | 124 |
| Figura 58: Nivelación del tubo de ingreso de agua .....                        | 125 |
| Figura 59: Ensayo de permeabilidad dosificación 2 .....                        | 125 |
| Figura 60: Gráfica de contenido de humedad - calicata 01 .....                 | 139 |
| Figura 61: Gráfica de contenido de humedad - calicata 02 .....                 | 140 |
| Figura 62: Gráfica de contenido de humedad - calicata 03 .....                 | 141 |
| Figura 63: Gráfica de contenidos de humedad – suelo natural .....              | 141 |
| Figura 64: Gráfica de Curva Granulométrica – calicata 01 .....                 | 144 |
| Figura 65: Gráfica de Curva Granulométrica – calicata 02 .....                 | 145 |
| Figura 66: Gráfica de Curva Granulométrica – calicata 03 .....                 | 146 |
| Figura 67: Gráfica límite líquido - calicata 01 .....                          | 149 |
| Figura 68: Gráfica límite líquido - calicata 02 .....                          | 149 |



|  |     |
|--|-----|
| Figura 69: Gráfica límite líquido - calicata 03 .....  | 150 |
| Figura 70: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....                          | 151 |
| Figura 71: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....                          | 152 |
| Figura 72: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 .....                          | 153 |
| Figura 73: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....                          | 154 |
| Figura 74: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....                          | 155 |
| Figura 75: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 .....                          | 156 |
| Figura 76: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....                          | 157 |
| Figura 77: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....                          | 158 |
| Figura 78: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 .....                          | 159 |
| Figura 79: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 01. ....   | 162 |
| Figura 80: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 02. ....   | 163 |
| Figura 81: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 03. ....   | 164 |
| Figura 82: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 165 |
| Figura 83: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 ..... | 166 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 84: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3..... | 167 |
| Figura 85: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1..... | 168 |
| Figura 86: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2..... | 169 |
| Figura 87: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3..... | 170 |
| Figura 88: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1..... | 171 |
| Figura 89: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2..... | 172 |
| Figura 90: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3..... | 173 |
| Figura 91: Carta de plasticidad de Casagrande para suelos finos – Calicata 01 .....   | 176 |
| Figura 92: Carta de plasticidad de Casagrande para suelos finos – Calicata 02 .....   | 177 |
| Figura 93: Carta de plasticidad de Casagrande para suelos finos – Calicata 03 .....   | 178 |
| Figura 94: Carta de plasticidad AASHTO para suelos finos – Calicata 01 .....  | 181 |
| Figura 95: Carta de plasticidad AASHTO para suelos finos – Calicata 02 .....  | 182 |
| Figura 96: Carta de plasticidad AASHTO para suelos finos – Calicata 03 .....  | 183 |
| Figura 97: Gráfica Proctor modificado - calicata 01 .....   | 186 |
| Figura 98: Gráfica Proctor modificado - calicata 02.....  | 187 |
| Figura 99: Gráfica Proctor modificado - calicata 03.....  | 188 |
| Figura 100: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata  |     |



|   |     |
|---|-----|
| 02 - ensayo 1 .....   | 189 |
| Figura 101: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata                          |     |
| 02 - ensayo 2 .....   | 190 |
| Figura 102: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata                          |     |
| 02 - ensayo 3 .....   | 191 |
| Figura 103: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata                          |     |
| 02 - ensayo 1 .....   | 192 |
| Figura 104: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata                          |     |
| 02 - ensayo 2 .....   | 193 |
| Figura 105: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata                          |     |
| 02 - ensayo 3 .....   | 194 |
| Figura 106: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata                          |     |
| 02 - ensayo 1 .....   | 195 |
| Figura 107: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata                          |     |
| 02 - ensayo 2 .....   | 196 |
| Figura 108: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata                          |     |
| 02 - ensayo 3 .....   | 197 |
| Figura 109: Gráfica Esfuerzo vs Penetración – calicata 01 .....   | 203 |
| Figura 110: Gráfica Densidad seca vs CBR – calicata 01 .....  | 203 |
| Figura 111: Gráfica Esfuerzo vs Penetración – calicata 02 .....   | 205 |
| Figura 112: Gráfica Densidad seca vs CBR – calicata 02 .....  | 205 |
| Figura 113: Gráfica Esfuerzo vs Penetración – calicata 03 .....   | 207 |
| Figura 114: Gráfica Densidad seca vs CBR – calicata 03 .....  | 207 |
| Figura 115: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 209 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 116: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....                  | 209 |
| Figura 117: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 ..... | 211 |
| Figura 118: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....                  | 211 |
| Figura 119: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 ..... | 213 |
| Figura 120: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 .....                  | 213 |
| Figura 121: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 215 |
| Figura 122: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....                  | 215 |
| Figura 123: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 ..... | 217 |
| Figura 124: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....                  | 217 |
| Figura 125: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 ..... | 219 |
| Figura 126: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 .....                  | 219 |
| Figura 127: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 ..... | 221 |
| Figura 128: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 .....                  | 221 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 129: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 .....           | 223 |
| Figura 130: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2.....                             | 223 |
| Figura 131: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 .....           | 225 |
| Figura 132: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3.....                             | 225 |
| Figura 133: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo - calicata 01 .....  | 229 |
| Figura 134: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo - calicata 02 .....  | 230 |
| Figura 135: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo - calicata 03 .....  | 231 |
| Figura 136: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1..... | 232 |
| Figura 137: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2..... | 233 |
| Figura 138: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3..... | 234 |
| Figura 139: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1..... | 235 |
| Figura 140: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2..... | 236 |
| Figura 141: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3..... | 237 |
| Figura 142: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1..... | 238 |
| Figura 143: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 75%  |     |



|  |     |
|--|-----|
| Mucílago - calicata 02 - ensayo 2.....   | 239 |
| Figura 144: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 75%<br>Mucílago - calicata 02 - ensayo 3..... | 240 |
| Figura 145: Gráfico Resultados Índice de plasticidad .....   | 242 |
| Figura 146: Gráfico Resultados Proctor Modificado .....  | 243 |
| Figura 147: Gráfico Resultados CBR.....  | 244 |
| Figura 148: Gráfico Resultados Permeabilidad .....   | 245 |



## Capítulo I: Planteamiento del Problema

### 1.1. Identificación del Problema

#### 1.1.1. Descripción del Problema

En la ciudad de Cusco se presenta gran cantidad de suelos cohesivos, el cual disminuye considerablemente la capacidad de soporte del suelo y este a su vez aumenta la deformación cuando es sometido a cargas principalmente generado por el tránsito vehicular; este tipo de suelos no cumplen con los requisitos de calidad necesarios para su empleo como capa de subrasante por lo que es reemplazado por otro de mejores propiedades, el cual conlleva un gasto económico mayor. En el sector de Alto Qosqo observamos la presencia de suelos cohesivos en gran magnitud, por lo que se toma como zona de estudio.

*Figura 1: Identificación del lugar de estudio*



Fuente: Elaboración Propia

Actualmente encontramos problemas geotécnicos que conllevan a la deformación de pavimentos, en la zona de estudio que se encuentra no pavimentada, en tiempo de lluvias la arcilla pierde su consistencia por lo que hay gran presencia de lodo lo cual produce deformación en el mismo suelo evidenciándose esto en la presencia de la deformabilidad presente en la carretera y en tiempo de sequía se presenta gran cantidad de polvo.



Debido a lo antes mencionado como la presencia de lodo, se presentan hechos fortuitos como accidentes vehiculares, peatonales, entre otros y por otro lado el polvo que genera problemas de salud en los habitantes de la zona como problemas respiratorios, oculares, alergias, etc., para lo cual es importante y trascendental el estudio del suelo de manera que se establezca y se disminuyan estos problemas presentes en la ciudad del Cusco, específicamente en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián.

**Figura 2:** *Presencia de deformabilidad en el suelo*



Fuente: Elaboración Propia

Por tal motivo en la presente investigación se hará uso del aceite quemado de motor junto al mucílago de sábila como aditivos, siendo estos económicos y accesibles pretendiendo mejorar las propiedades del suelo cohesivo y determinando con qué porcentaje se obtendrán mejores resultados.

### **1.1.2. Formulación del Problema General.**

¿Cuál es la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco?



### **1.1.3. Formulación de los Problemas Específicos.**

#### **Problema específico N°01**

¿Cuál es la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la plasticidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco?

#### **Problema específico N°02**

¿Cuál es la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la densidad máxima seca de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco?

#### **Problema específico N°03**

¿Cuál es la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en el CBR de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco?

#### **Problema específico N°04**

¿Cuál es la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la permeabilidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco?

## **1.2. Justificación de la investigación**

### **1.2.1. Justificación Técnica**

Brinda un aporte a la Ingeniería civil debido a que se plantea una nueva alternativa en cuanto al uso de ciertos recursos, como en este caso vienen a ser el aceite quemado de motor y mucílago de sábila con el fin de mejorar las propiedades de los suelos, específicamente de los cohesivos; debido a que este tipo de suelos muchas veces son perjudiciales tanto para la población como para el desarrollo de obras de carreteras o pavimentos. Además, podemos tener una opción más de estabilización entre toda una gama de estabilizadores.

### **1.2.2. Justificación Social**



Existe un aporte hacia la población de la zona debido a que se realiza la estratigrafía del suelo existente y un análisis más a fondo de las propiedades del mismo, brindando información sobre detalles técnicos para futuros proyectos; también da un aporte a los profesionales ingenieros a fin de plantear nuevas alternativas de mejora para las propiedades de un suelo cohesivo; a los estudiantes de ingeniería y otros de dicho ámbito de manera que puedan obtener mayor conocimiento sobre el aceite quemado de motor y mucílago de sábila en la estabilización de suelos cohesivos.

### **1.2.3. Justificación por Viabilidad**

Es viable porque se tiene el acceso a la zona de estudio para realizar la toma de datos y muestras en Alto Qosqo contándose con los permisos correspondientes por parte del sector involucrado; además se cuenta con los recursos económicos, temporales, equipos e insumos necesarios para realizar la investigación; se tiene acceso a un laboratorio especializado en el cual se realizan todos los ensayos contándose con los equipos adecuados para realizar las pruebas correspondientes.

### **1.2.4. Justificación por Relevancia**

Se considera relevante porque siendo el aceite quemado de motor una sustancia química que contamina el medio ambiente debido a que no se le da el tratamiento adecuado, se propone darle un segundo uso para la mejora de suelos cohesivos, además, se realizará la combinación con un aditivo natural que viene a ser el mucílago de sábila, siendo ambos aditivos económicos y de fácil accesibilidad, con esto se busca innovar y dar a conocer nuevas alternativas de mejora de suelos.

## **1.3. Delimitaciones de la Investigación**

El presente trabajo de investigación, geográficamente está delimitado solamente a la región Cusco, provincia del Cusco, distrito de San Sebastián y sector de Alto Qosqo, en la A.P.V Villa Unión, basado en el análisis del suelo cohesivo.

El estudio se limita a la adición de aceite quemado de motor en un 8% y mucílago de sábila, en proporciones de 25%, 50% y 75% respectivamente.

Los ensayos o pruebas de laboratorio se limitarán a los ensayos de contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), compactación de suelos



(Proctor modificado), CBR y permeabilidad.

## **1.4. Objetivo de la Investigación**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

#### **Objetivo específico N°01**

Determinar la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la plasticidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.

#### **Objetivo específico N°02**

Determinar la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la densidad máxima seca de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.

#### **Objetivo específico N°03**

Determinar la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en el CBR de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.

#### **Objetivo específico N°04**

Determinar la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la permeabilidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.



## Capítulo II: Marco Teórico de la Tesis

### 2.1. Antecedentes de la tesis o Investigación Actual

#### 2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

Según (Mendizabal, 2018), la tesis de investigación titulada “Adición del mucílago de penca de tuna para estabilizar suelo arcilloso, Chilca” de la Universidad Peruana de los Andes para optar el título profesional de Ingeniera Civil, tiene como objetivo determinar los efectos en la sub rasante de carretera por la adición del mucílago de penca de tuna para la estabilización del suelo, indica como hipótesis que los efectos en la sub rasante por la adición del mucílago de penca de tuna para la estabilización del suelo arcilloso son aceptables por el Manual de Carreteras; el método de investigación empleado es el método científico, el tipo de investigación es aplicada, el nivel es descriptivo - explicativo, el diseño es experimental. Cuya población es el Jirón La Unión del distrito de Chilca, provincia de Huancayo que está conformada por once cuadras, la muestra no probabilística es la cuadra 10 y 11 del Jirón de la Unión; los ensayos que se realizaron fueron: análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, Proctor modificado, CBR. Como principales resultados se obtuvo que la adición de mucílago de penca de tuna en el suelo del Jirón La Unión en sus distintas dosificaciones (25%, 50%, 75%) implicó el incremento del límite líquido y límite plástico y por lo tanto, disminución del índice de plasticidad, disminución de la expansión y aumento del CBR, obteniendo valores por encima del 6%, por lo que el suelo es apto para ser utilizado como sub rasante. La principal conclusión es que la adición de mucílago de penca de tuna en el suelo en sus distintas dosificaciones estabiliza el suelo arcilloso en el Jirón La Unión; por lo tanto, el suelo es aceptable para ser utilizado como sub rasante según el Manual de Carreteras, además indica que la dosificación de 75% de mucílago de penca de tuna presenta mejor comportamiento en el mejoramiento de las características físico - mecánicas del suelo para sub rasante en el Jirón La Unión. Esta investigación sirve de apoyo en cuanto al proceso de extracción y aplicación del mucílago adicionado a un suelo e indica qué efectos pueden tener estos sobre los suelos; nuestra investigación se relaciona a ésta porque se utilizará el mucílago de sábila añadido a un suelo cohesivo y toma como base la aplicación del mucílago para la realización de ciertos ensayos.

Según (Santa Cruz, 2018) en la Tesis de investigación titulada “Efectos del aceite quemado en las propiedades mecánicas del suelo cohesivo, Satipo, Junin” de la Universidad Peruana de los Andes para optar el título profesional de Ingeniero Civil, muestra como objetivo general



determinar los efectos del aceite quemado en las propiedades mecánicas y físicas del suelo cohesivo para la sub rasante, y la hipótesis general que debe verificarse es que los efectos del aceite quemado en las propiedades mecánicas y físicas del suelo cohesivo para la sub rasante, son beneficiosos en mejorar su resistencia y densidad del suelo bajo el manual de carreteras del MTC. El método de investigación empleado es el método científico de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental. La población está conformada por todas las trochas carrozables que se encuentran en los tramos de Santo Domingo hasta Chamiriari, Distrito de Rio Negro con una longitud de 39 km y el muestreo es no probabilístico, la muestra está dada desde la progresiva km 31+00- km 32+00 de la trocha carrozable Pitucuna; los ensayos que se realizaron fueron: CBR, límites de consistencia y Proctor modificado. De acuerdo a los resultados obtenidos, las tres dosificaciones empleadas que fueron del 5%, 10% y 15% de aceite quemado mejoraron la densidad y el CBR del suelo; sin embargo, el porcentaje adecuado o más óptimo fue al 10% de aceite quemado que implicó una mejora en cuanto a la densidad y el CBR mejorando las propiedades mecánicas y físicas del suelo cohesivo; con el ensayo Proctor Modificado determinamos la densidad subió su porcentaje en 0.27%, con el ensayo de CBR la resistencia fue la mayor y por tanto la óptima, mejorando al suelo en 6% y obteniendo como resultado un suelo bueno según el manual de carreteras del MTC. La conclusión fundamental de este estudio es que la adición de aceite quemado permite mejorar la resistencia y densidad del suelo bajo el manual de carreteras del MTC, siendo aptos para la utilización como material de afirmado en la sub rasante considerando la dosificación al 10% de aceite quemado siendo el más óptimo ya que alcanzó mayor porcentaje de mejoramiento de la densidad y CBR obteniendo como resultado un suelo bueno aproximando a un suelo muy bueno según el manual de carretas de MTC. Esta investigación aporta en cuanto a la toma de datos para la realización de los ensayos, empleamos los mismos ensayos de laboratorio con la excepción de la permeabilidad y nos brinda una mayor visión en cuanto a ello además de brindarnos un porcentaje de dosificación aproximado con el cual se obtuvieron resultados favorables.

### **2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional**

Según (Reyes, Porras, & Rodriguez, 2001) en el Artículo científico, “Empleo de aceite quemado para mejorar las propiedades mecánicas de bases y sub bases granulares” para la Universidad Militar Nueva Granada Bogotá, Colombia, describe la realización de un estudio experimental de laboratorio- producido por el parque automotor de las grandes metrópolis, en la mejora de las propiedades mecánicas de las bases y sub bases granulares empleadas para la



construcción de una estructura de pavimentos, para la viabilidad del empleo de aceite que mediante la ejecución de los ensayos de Proctor estándar, Proctor modificado y C.B.R. de laboratorio. El porcentaje de aceite quemado introducido en la ejecución de los ensayos de C.B.R. es determinado como reemplazo total o parcial de los porcentajes de humedad óptima de agua y aceite encontrados en los ensayos Proctor modificado. El principal resultado obtenido en la investigación corresponde a la determinación de los porcentajes óptimos del aceite con agua que se deberá emplear para alcanzar incrementos en la resistencia mecánica y en la densidad de los materiales de bases y sub base granular, finalmente con los ensayos Proctor modificado y C.B.R. de laboratorio, empleándose dosificaciones del 25%, 50% y 75% de aceite quemado. Finalmente, con los resultados obtenidos en los ensayos Proctor estándar, Proctor modificado y C.B.R. de laboratorio, se pudo concluir la viabilidad del empleo de aceite quemado para mejorar la resistencia mecánica y densidad máxima de algunas bases y sub bases granulares, de acuerdo con las especificaciones granulométricas del instituto de desarrollo urbano, siendo la dosificación con mejores resultados del 75% de agua y 25% de aceite. Esta investigación muestra un gran desempeño del empleo de aceite quemado de motor en bases y sub bases granulares, por lo que nos sirve de antecedente para utilizar el mismo aditivo en suelos cohesivos y poder verificar si mejora o no las propiedades en un suelo cohesivo.

Según (Moncayo, 2018) en la tesis de investigación titulada “Estudio del efecto del aceite de motor usado, en la resistencia a corte y CBR de los suelos finos (MH) en la ciudad de Cali” de la Universidad del Valle, la cual tiene como objetivo analizar el comportamiento mecánico del suelo (MH), sometido a la acción del aceite de motor usado (AMU), emplea la metodología de investigación exploratoria dentro de la cual se utilizó un suelo típico de subrasante en la ciudad de Cali, clasificado según SUCS como un limo de alta plasticidad (MH) para realizar las pruebas de granulometría e índice de plasticidad, Proctor y permeabilidad en dicho suelo, posteriormente el ensayo de CBR y el corte directo para hallar la cohesión efectiva y el ángulo de fricción interna efectivo; todo ello para el suelo en estado natural y bajo la acción de distintas proporciones de AMU (4%, 8%, 12% y 16%) respecto al peso seco de la muestra. Dentro de los resultados obtenidos se tuvo que por medio del porcentaje de CBR se obtiene por correlación el módulo de resiliencia, variable indispensable en el diseño de pavimentos, se presenta una disminución significativa para 4% de AMU (Del 36% Con relación al anterior), luego un incremento progresivo y lineal hasta 12 % de AMU y finalmente un aumento considerable para el 16% de AMU (Del 51% con relación al suelo sin estabilizar) y según el ensayo de Resistencia al corte directo, se obtiene un aumento considerable para el ángulo de fricción de todas las muestras



en especial para 4, 12 y 16% de AMU (llegando hasta un 27%) y en cuanto a la cohesión, se evidencia constante para valores de 0, 4 y 16% de AMU, mientras que para 8 y 12% de AMU hay una notable mejoría pasando de 0.1 a 0.32 y 0.42 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. La conclusión a la que se llega es que no se logró obtener una relación directamente proporcional en cuanto a CBR y ensayos de corte directo, pero, se puede apreciar que el comportamiento mecánico de dicho suelo cambia al estar en contacto con el AMU, además que el valor óptimo se encuentra en el 12% de AMU ya que generó un buen ángulo de fricción interna y la mayor cohesión sobre los demás. Esta tesis de investigación se relaciona con la actual debido a que nos brinda porcentajes aproximados de aceite quemado de motor que se utilizan de manera más óptima al momento de la experimentación y también muestra la realización del ensayo de CBR con algo más de profundidad.

## **2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes**

### **2.2.1. Aceite quemado de motor**

“Los aceites usados son una mezcla de hidrocarburos procedentes del petróleo con restos de los aditivos que se les añadieron para realizar la función de lubricación, así como agua, disolventes y otros contaminantes adquiridos durante su utilización” (Arner, Barberan, & Mur, 2006).

El aceite residual o aceite quemado de motor es un material altamente contaminante, que requiere de una gestión responsable, estos pueden ser causa de daños al medio ambiente cuando son vertidos en el suelo o en las corrientes de agua, incluyendo alcantarillas. Esto resulta en la contaminación de aguas subterráneas y del suelo. El aceite usado contiene diversos compuestos químicos tales como metales pesados, hidrocarburos aromáticos polinucleares, benceno, así también solventes clorados, PCBs, etc. Estos compuestos químicos tienen un efecto directo sobre la salud humana y muchos de estos productos son cancerígenos. (Tovar, Bolaños, & Silva, 2017)

Durante la operación del motor, el aceite se transforma mediante mecanismos de oxidación, nitración, cracking de polímeros, descomposición de sustancias organometálicas, etc., este cambio se atribuye a las altas temperaturas y esfuerzos mecánicos a los que se somete el aceite durante el funcionamiento. El contenido de nitrógeno y azufre en el aceite usado oscila entre 0.05 – 0.18% y 0.55%, respectivamente; puede contener entre 80 y 32.000 ug/g de fósforo y alrededor de 3.500 ug/g de cloro. (Barrios-Ziolo, Robayo-Gomez, Prieto-Cadauid, & Cardona-Gallardo, 2015)



- Composición química

| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE DE MOTOR |             |           |           |
|---|-------------|-----------|-----------|
| Propiedades Típicas                     | Método ASTM | 5w-40     | 5w-50     |
| Agua                                    | IT-08-07    |           | Negativo  |
| Apariencia                              | IT-08-04    | Brillante | Brillante |
| Color                                   | ASTM D 1500 |           | 3.50      |
| Densidad @ 20° C g/mL.                  | ASTM D 1250 |           | 0.8526    |
| Densidad @ 20° C g/mL.                  | D-1298      | 0.8545    |           |
| No. Base Procedimiento B                | ASTM D 2896 | 7.5       | 7.8       |
| Viscosidad aparente a -30° C            | ASTM D 5293 | 6600      | 6600      |
| Viscosidad cinemática a 100° C          | ASTM D 445  | 13.80     | 19.10     |
| Índice de viscosidad                    | ASTM D 2270 | 160       | 163       |
| Viscosidad cinemática a 40° C           | ASTM D 445  | 90        | 133.5     |
| Temperatura de Inflamación, °C          | D-92        |           | 220       |
| Temperatura de escurrimiento, °C        | D-97        |           | -36       |
| Cenizas Sulfatadas, %                   | D-874       | 0.8000    |           |
| Zinc, %                                 | D-4628      | 0.0875    |           |
| Fósforo, %                              | D-4951      | 0.0800    |           |

Fuente: Proktive (Anonimo, Ficha Técnica Aceite Para Motor, 2023)

### 2.2.2. Mucílago de sábila

- Sábila o Aloe Vera

El Aloe Vera es una planta siempre verde, de hojas largas y carnosas. Normalmente crece en estado espontáneo en las lomas, a orillas de los caminos y en lugares pedregosos, donde llueve poco. Su poder de resistencia a las sequías, es tan fuerte que puede vivir sin agua por varios años, dentro de las casas, sólo dependiendo de la humedad del ambiente. El Aloe Vera o sábila es una planta que se originó en África y es reconocida por sus múltiples propiedades en el campo de la salud y estética, así como día a día se encuentran nuevos usos y beneficios de la misma en otros aspectos. (Ortiz, 2010)

El Aloe vera pertenece a la familia de las liliáceas, e incluye las plantas con flores, espárragos, cebolla y ajo. Aloe Barbadosis Miller, del tipo de plantas utilizadas en la



bebida de Aloe Vera es la planta más poderosa en lo que se refiere a la resistencia al resecamiento lo que ha generado un alto impacto en las aplicaciones comerciales actualmente. La planta es históricamente conocida desde hace varios miles de años. Hipócrates, padre de la medicina creía que la planta de Aloe Vera era la primera alternativa de todas las plantas medicinales que existen en el mundo; incluso en el antiguo Egipto esta planta era muy apreciada y se dice que Cleopatra utilizó la planta para beneficio de su belleza. Mientras que las propiedades de la bebida de Aloe Vera se han aprovechado en su máxima expresión, actualmente existen ciertos estudios científicos que tratan de buscarle nuevos usos, especialmente en temas orientados en el aspecto de la construcción. (Ortiz, 2010)

Esta planta se encuentra en estado natural en la mayoría de regiones tropicales o subtropicales. Algunas especies son utilizadas en cordelería (cuerdas). Los botánicos precisan que la sábila es una planta fanerógama (con flores), angiosperma de la familia de los liliáceos que pertenece a la especie de plantas crasas o suculentas de las cuales también forman parte las cactáceas. Sus flores, repartidas en una o varias astas, parecen pequeñas trompetas de un color que va del blanco verdoso al rojo, pasando por el amarillo y el naranja. Sus hojas carnosas y quebradizas adornadas con púas crecen en forma de roseta espiral alrededor del tallo. (Ortiz, 2010)

**Figura 3:** *Planta de sábila*



Fuente: Mundo Forestal

- Estructura y composición química de la sábila

La corteza representa aproximadamente del 20 al 30% del peso de toda la planta y dicha estructura es de color verde azulado, dependiendo de diversos factores tales como: el



lugar, clima o nutrición de la planta. El parénquima, conocido comúnmente como pulpa o gel se localiza en la parte central de la hoja y representa el 65 al 80% del peso total de la planta (Domínguez, Arzate & Chanona, 2012). Químicamente el Aloe Vera se caracteriza por la presencia de constituyentes fenólicos que son generalmente clasificados en dos principales grupos: las cromonas como la aloencina y las antraquinonas (libres y glicosiladas) como la barbaloina, isobarbaloina y la aloenodina, estos compuestos se encuentran en la capa interna de las células epidermales. La aloína es el principal componente del acíbar, que la planta secreta como defensa para alejar a posibles depredadores por su olor y sabor desagradable. (Dominguez, y otros, 2012).

#### COMPOSICIÓN DEL MUCÍLAGO DE SÁBILA

| Composicion                    | Compuestos   |
|--------------------------------|--|
| Antraquinonas                  | Ácido aloético, antranol, ácido cinámico, — barbaloma, — ácido crisofánico, — odina, — aloe- emodin, éster de ácido cinámico, aloma, isobarbaloina, antraceno, resistanol. |
| Vitaminas                      | Ácido fólico, vitamina B1, colina, vitamina B <sub>6</sub> , vitamina C, vitamina B <sub>12</sub> , vitamina E, itamina B <sub>12</sub> , beta- caroteno.                  |
| Minerales                      | Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, manganeso, fósforo, cromo.  |
| Carbohidratos                  | Celulosa, — galactosa, — glucosa, xilosa, — manosa, — arabinosa, aldopentosa, lucomanosa, fructuosa, acemanano, sustancias pépticas, L-ramnosa.                            |
| Enzimas                        | Amilasa, ciclooxidasa, carboxipeptidasa, lipasa, bradikinasas, - catalasa, —oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxigenasa, superóxido dismutasa.                             |
| Lípidos y compuestos organicos | Esteroides (campesterol, colesterol, f-sitoesterol), — ácido salicílico, sorbato de otasio, triglicéridos, lignina, ácido úrico, saponinas, giberelina, triterpenos.       |
| Aminoácidos                    | Alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, — isina, — metionina, fenilalanina, — prolina, — tirosina, treonina, valina.          |

Fuente: Revista mexicana de ingeniería química



- Mucílago

El mucílago es una sustancia de origen vegetal, la cual posee una reacción que puede ser ácida o neutra y tienen funciones diferentes cada una de ellas dependiendo del peso molecular superior y la planta en la que se encuentre. Estas suelen ser confundidas con las gomas y pectinas ya que están formados por polisacáridos celulósicos con igual número de azúcares, diferenciándose solo en sus propiedades físicas. Los mucílago en agua producen coloides poco viscosos que presentan actividad óptica. (Quezada & Gallardo, 2014)

El mucílago es producido en células secretoras especializadas, las cuales suelen encontrarse en hojas, tallos, raíces y semillas; su presencia o ausencia, así como su función en cualquier estructura, depende del grado de adaptación e incluso de la supervivencia de cada especie en particular. (Quezada & Gallardo, 2014)

- Mucílago de Sábila

El mucílago de sábila es un biopolímero coagulante que es utilizado para impermeabilizar o tapar poros e incluso como pegamento. Debido a un estudio de proyecto realizado por la Conacyt tuvo como finalidad analizar las propiedades del nopal para el mejoramiento de morteros y concretos. (Conacyt, 2017)

El investigador Andrés Torres refirió que el estudio realizado resultó que al agregar nopal y sábila deshidratados reduce la manejabilidad de pastas y morteros a causa de la coagulación en fracciones del agua que es utilizada para la preparación de materiales. Así mismo, se obtuvo que el nopal mejora la durabilidad del mortero al disminuir el paso del agua dentro del material y aumentando la resistencia. (Conacyt, 2017)

El uso tradicional que tiene la sábila (Aloe Vera) y sus derivados, además del valor que tiene como uso medicinal, se suma su aplicación en rubros tan ajenos a los anteriores, como es en el rubro de la construcción por sus propiedades como incorporador de aire, como infiltradores de suelo entre otros. En México existe una larga historia acerca del uso del mucílago de sábila en combinación con cal: aumenta sus propiedades adhesivas y mejora su repelencia al agua. (Torres, Celis, Martínez, & Lomeli, 2010)



### 2.2.3. Suelos

“Para el ingeniero civil el suelo es un cimiento, el suelo es un apoyo a donde transmitir los esfuerzos, el suelo, antiguamente y en la actualidad, sirve de soporte a las vías de comunicación. Pero a veces en que el suelo no es adecuado para estos fines, su calidad no es la adecuada para el objeto que se requiere y entonces hay que modificarlo, hay que hacerlo más resistente y más duradero”. (Arredondo & Verdu, 1977)

El suelo es la capa de transformación de la corteza sólida terrestre, sometida a un constante cambio estacional y a un desarrollo peculiar. Aparece como resultado de un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos sobre el medio rocoso original (roca madre) denominados genéricamente meteorización. (ConstruMine, 2018)

#### A) Tipos de Suelos

Los suelos se pueden dividir de acuerdo al origen de sus elementos, los suelos se dividen en dos extensos grupos; el primero cuyo origen se debe a la descomposición química o física de las rocas, es decir de los suelos inorgánicos, y el segundo cuyo origen se debe principalmente a suelos orgánicos. (ConstruMine, 2018)

- Suelos granulares

Son suelos que tienen gran tamaño estas se constituyen principalmente de partículas agregadas. Dentro de sus características predominantes se encuentran su capacidad portante, así como su permeabilidad elevada, esta propiedad permite que el agua tenga una evacuación rápida.

- Gravetas

Principalmente constituido de rocas fragmentadas con un tamaño mayor a 2 mm en su diámetro. Las gravetas principalmente tienen la característica de tener forma ovaladas o redondas esto se debe principalmente al transporte que se realiza en los ríos así mismo la forma de acarreo que recibe este. Este material se va encontrar en gran cantidad en épocas de baja de río o sequía en la cual se nota más a simple vista ya que la marea del río disminuye considerablemente, por lo cual se aprecian grandes extensiones. Las partículas de estas varían desde 7.62 cm (3”) hasta 2.0mm. (ConstruMine, 2018)



- Arenas

Las arenas se crean principalmente de procesos de trituración la cual normalmente se da de forma artificial y también por el proceso de desintegración que se presentan en las gravas (ConstruMine, 2018)

Tanto las arenas como las gravas se pueden lograr encontrar en el mismo sitio o depósito (ríos), como bien se sabe tanto las gravas como las arenas no poseen la propiedad de plasticidad, así mismos en el tema de compresibilidad se puede afirmar que son menos compresibles que el material denominado arcilla (ConstruMine, 2018)

El tamaño de sus partículas varía entre 2mm. a 0.05 mm. para la norma AASTHO, y entre 4.75 mm. a 0.075 mm. de diámetro de acuerdo al sistema unificado SUCS. (Das, 2015)

- Suelos cohesivos

Este tipo de suelo está compuesto por partículas de tamaños finos, y según nuestra clasificación SUCS nos indica que el tamaño de sus partículas está considerado por debajo de los 0.08mm (Das, 2015)

Dentro de sus propiedades más destacadas se encuentra la cohesión, esta se entiende como la interacción que se provoca entre las partículas de arcilla en contacto con el agua este se llega a denominar como fuerza interparticular

- Limos

Los limos son suelos que no poseen plasticidad o esta puede llegar a ser de forma muy escasas, son suelos que poseen granos finos, estos suelos también tienen otras dos propiedades las cuales son de que pueden llegar a poseer una alta compresibilidad y de la misma forma una baja permeabilidad, dentro de los limos podemos encontrar las orgánico e inorgánico. (ConstruMine, 2018)

El tamaño de partículas para los limos pueden estar dentro de 0.005mm hasta un 0.002mm según AASTHO y también según SUCS puede denominarse como tamaños menores a 0.075mm. (Das, 2015)



- Arcillas

Este tipo de suelo se podría llegar a entender como el suelo más fino dentro de toda la clasificación antes mencionada ya que se tiende a considerar como tamaños de partícula menos a 0.002mm según AASTHO, la principal propiedad de este tipo de suelos es la plasticidad, ya que en contacto con el agua producen la interacción entre ambos. Su principal constituyente de las arcillas son los silicatos. (ConstruMine, 2018)

#### 2.2.4. Suelos cohesivos

Para (Orozco, 2021) la cohesión, no es más que la acción o el efecto de adherirse las cosas entre sí, por lo que implica algún tipo de unión o enlace. Ahora, de forma general los suelos cohesivos se definen como un compuesto de partículas muy pequeñas que tienden a juntarse, por la interacción de agua partícula, siendo suelos plásticos como el caso de la arcilla. En este tipo de suelos predominan los efectos electroquímicos superficiales.

Los suelos cohesivos poseen partículas moleculares o pequeñas y principalmente conformadas por arcillas para que el suelo se adhiera a sí mismo. Mientras más cohesivo sea el suelo, será porque presencia más contenido de arcilla y será menos probable que suceda un derrumbe. Esto lo diferencia de cualquier suelo granular. (Orozco, 2021)

Los suelos cohesivos poseen partículas pequeñas y bastante arcilla como para que el suelo se adhiera a sí mismo. Mientras más cohesivo sea el suelo, será porque contiene más cantidad de arcilla, y será menos probable que suceda un derrumbe. Es en esto en donde radica la diferencia con los suelos granulares, los cuales están conformados por gruesas partículas gruesas, de arena y grava. (Anónimo, 2018)

Composición: Arcillas y limos son los tipos de suelos cohesivos. Tienden a tener granos finos y un alto contenido de agua. Una alta concentración de arcilla o limo puede producir todavía suelo cohesivo, incluso donde están presente elementos no cohesivos tales como arena o grava. (Orozco, 2021)



- Composición química de las arcillas

| ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS ARCILLAS   |         |                   |                               |
|------------------------------------|---------|-------------------|-------------------------------|
| Oxidos totales                     | Ilítica | Montmotillonítica | Ilítica -<br>Montomillonítica |
| SiO <sub>2</sub> (%)               | 56.01   | 58.59             | 57.23                         |
| AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | 18.29   | 17.63             | 18.11                         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | 6.70    | 1.46              | 2.32                          |
| MnO <sub>2</sub> (%)               | 0.04    | 0.06              | 0.05                          |
| MgO (%)                            | 3.74    | 5.04              | 3.95                          |
| CaO (%)                            | 0.28    | 0.70              | 0.43                          |
| Na <sub>2</sub> O (%)              | 0.20    | 0.32              | 0.31                          |
| K <sub>2</sub> O (%)               | 4.25    | 0.20              | 2.01                          |

Fuente: Universidad de Murcia (Madrid, Navarro, & Lax, 1977)

### 2.2.5. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas de un material en este caso de un suelo son aquellas que se puede observar sin que este tenga algún cambio en su composición, dentro de estas propiedades podemos tener a las más importantes: (Sanchez, 2018)

- Textura. - Se refiere a la proporción de los tamaños de grupos de partículas que lo constituyen, así mismo está relacionado con el tamaño de dichas partículas y se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo.
- Estructura. - Se refiere a la forma en que las partículas se reúnen para formar agregados.
- Color - este depende principalmente de sus componentes y se puede usar como medida indirecta de ciertas propiedades, así mismo el color puede variar e acuerdo al contenido de humedad
- Permeabilidad. - Es una de las propiedades que tiene el suelo de poder transmitir agua y aire.
- Porosidad. - Debido a la textura y estructura de un suelo se tiene la porosidad, esta tiene su sistema de espacios vacíos o poros
- Consistencia. - Esta propiedad es la que gobierna las fuerzas de Adhesión-cohesión, responsable de la resistencia del suelo a ser moldeado o roto.

### 2.2.6. Plasticidad en suelos - Límites de Atterberg

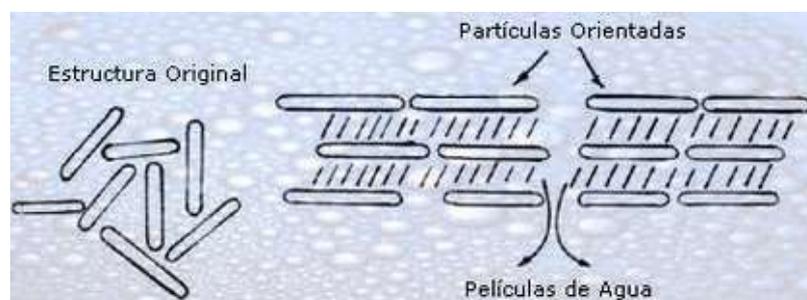
Albert Atterberg definió como plasticidad la capacidad que tenía un suelo de ser deformado sin agrietarse, ni producir rebote elástico. A su vez observó que los suelos arcillosos en condiciones húmedas son plásticos y se vuelven muy duros en condiciones secas, que los limos no son necesariamente plásticos y se vuelven menos duros con el secado, y que las arenas son desmenuzables en condiciones sueltas y secas. También observó que existían arcillas altamente plásticas y otras de baja plasticidad. Los límites establecidos por Atterberg para diferenciar los distintos estados de consistencia se deben obtener a partir de la fracción que pasa por el tamiz N° 40, descartando la porción retenida (Osorio, 2016)

La plasticidad es atribuible al contenido de partículas escamosas de tamaño coloidal presentes en los suelos. Las partículas escamosas además son responsables de la alta compresibilidad y la baja permeabilidad de los suelos. (Osorio, 2016)

La plasticidad de un suelo se atribuye a la deformación de la capa de agua adsorbida alrededor de los minerales; desplazándose como sustancia viscosa a lo largo de la superficie mineral, controlada por la atracción iónica. La plasticidad en las arcillas, por su forma aplanada (lentejas) y pequeño tamaño, es alta. La plasticidad del suelo, depende del contenido de arcilla. (Duque & Escobar, 2020)

El fenómeno de plasticidad en los suelos puede explicarse de la siguiente manera: Las partículas coloidales en un suelo a bajos contenidos de humedad están probablemente desordenadas, así como se observa en la figura. (Osorio, 2016)

**Figura 4:** Fenómeno de plasticidad en suelos



Fuente: Apuntes de Geotecnia (Osorio, 2016)

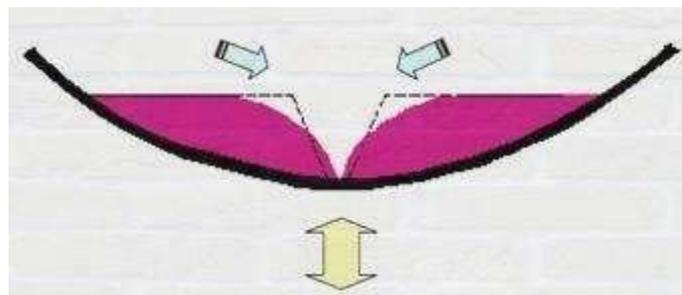
### Límite líquido

El límite líquido LL es el contenido de humedad requerido para que la muestra, en el aparato de Casagrande cierre una ranura de  $\frac{1}{2}$ " de amplitud, a los 25 golpes generados a la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por minuto. Los valores corrientes son: para arcillas 40 a 60%, para limos 25 a 50%; en arenas no se obtienen resultados. (Duque & Escobar, 2020)

El límite líquido es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo remoldeado o amasado. (Osorio, 2016)

El límite líquido como fue definido por Atterberg ha estado sujeto a distintas variaciones en su determinación. Fue Terzaghi, quien le sugirió a Casagrande en 1927, que diseñara un dispositivo mecánico que pudiera eliminar en lo posible los errores del operador en la determinación del mismo (Osorio, 2016)

**Figura 5:** *Determinación del Límite líquido*



Fuente: Apuntes de Geotecnia (Osorio, 2016)

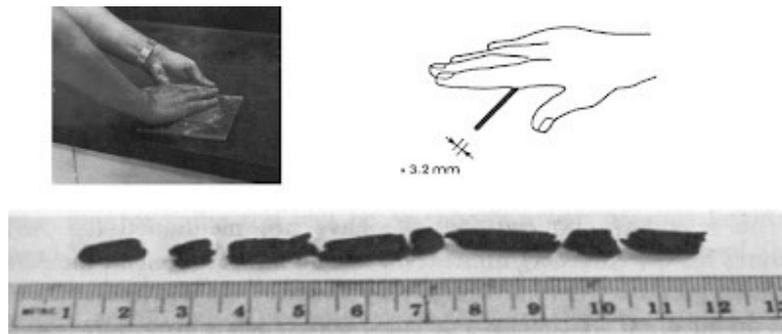
### Límite plástico

El límite plástico LP es el menor contenido de humedad para el cual el suelo se deja moldear. Esto se dice cuándo, tomando bolas de suelo húmedo, se pueden formar rollitos de  $\frac{1}{8}$ " sobre una superficie plana, lisa y no absorbente. Sin agrietarse el suelo, no hay LP, y con muchas tampoco se tiene el LP. Los valores típicos entre arenas y arcillas se encuentran entre 5 y 30%. En arenas la prueba no es posible. (Duque & Escobar, 2020)

En el límite plástico, definido por Atterberg, como la humedad para la cual se producen fisuras al enrollar cilindros de suelo, no se especificó el espesor de los cilindros en el que debería detenerse el enrollado. (Osorio, 2016)

Terzaghi agregó la especificación que indica que dicho espesor debe ser de 1/8 de pulgada o 3 mm. El enrollado debe hacerse en placas de vidrio y no sobre papel, ya que este aceleraría el proceso de secado de la muestra. En el caso de la determinación del límite plástico, todavía se utiliza el método manual, debido a que el operador ajusta automáticamente la presión necesaria de enrollado en función de la resistencia de cada suelo. (Osorio, 2016)

**Figura 6:** *Determinación del Límite Plástico*



Fuente: Apuntes de Geotecnia (Osorio, 2016)

### 2.2.7. Propiedades mecánicas del suelo

Son aquellas propiedades que determinan el comportamiento de un material ante las fuerzas que se le aplican y este refleja la relación entre su respuesta ante una carga y la deformación que sufre, dentro de ellas tenemos: (Anonimo, Infinitia Industrial Consulting, 2020)

- Resistencia. - Se opone a la ruptura o deformación del material en presencia de cargas o fuerzas externas.
- Tenacidad. - Capacidad de un material para absorber energía y deformarse plásticamente sin fracturarse.
- Dureza. - Capacidad para resistir el cambio de forma permanente debido a la tensión externa.
- Fragilidad. - Facilidad con la que se fractura un material cuando se somete a una fuerza o carga.
- Maleabilidad. - Facilidad con la que un material se deforma bajo tensión de compresión en forma de lámina.
- Ductilidad. - Deformación bajo tensión de un material.
- Fluencia. - Tendencia del material a moverse lentamente y a deformarse



permanentemente bajo la influencia de una tensión mecánica externa.

- Resiliencia. - Capacidad que posee el material de absorber la energía cuando se deforma elásticamente aplicando una tensión y liberar la energía cuando se elimina la tensión.
- Fatiga. - Se trata del debilitamiento del material causado por la carga repetida del mismo.

### 2.2.8. Compactación de suelos

“En general, la compactación es la consolidación del suelo por la eliminación de aire, lo que requiere energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso unitario seco. Cuando se añade agua a la tierra durante la compactación, ésta actúa como agente suavizante sobre las partículas del suelo. Éstas se deslizan una sobre la otra y se mueven en una posición densamente empaquetadas. El peso unitario seco después de la compactación primero aumenta a medida que se incrementa el contenido de humedad” (Das, 2015)

“La compactación de suelos es un procedimiento por el cual se mejoran algunas propiedades mecánicas de los suelos. Mediante la aplicación de energía mecánica se reducen los vacíos que se encuentran con aire en la masa del suelo para aumentar su peso unitario.” (Sangués, 2008)

“De esta forma se logra un aumento en la resistencia, en la rigidez, una mejora en la estabilidad volumétrica y una disminución de la permeabilidad del suelo. El mejoramiento mediante compactación es utilizado en rellenos artificiales para la construcción de caminos, presas, terraplenes, entre otros. También puede ser requerido en caso de cimentaciones sobre terreno natural, por ejemplo, en arenas sueltas.” (Sangués, 2008)

- Ensayo Proctor

“Con el desarrollo de rodillos pesados y su uso en la compactación de campo, la Prueba Proctor Estándar fue modificada para representar mejor las condiciones de campo” (Das, 2015)

El ensayo Proctor se emplea para determinar la relación entre la densidad seca y la humedad de compactación de los materiales a utilizar tanto en explanadas como en



capas granulares de firmes. Así, los resultados del ensayo serán utilizados como referencia para el control de calidad de la compactación en obra. Existen dos ensayos Proctor, el ensayo Proctor Normal que se rige por la norma UNE 103-500-94, y el ensayo Proctor Modificado que se rige por la norma UNE 103-501-94. El objeto de ambos ensayos es determinar, en un suelo o capa granular, la relación entre la densidad seca y la humedad para una energía de compactación dada (definida en la norma UNE correspondiente), y definir la densidad seca máxima y su humedad correspondiente, denominada óptima, que se puede conseguir con ese suelo en el laboratorio. (Lopez Maldonado, 2020)

Existen dos variantes para este ensayo, Proctor Estándar y Proctor Modificado, la diferencia entre ambas radica básicamente en la energía de compactación empleada. El Proctor Modificado no es más que la lógica evolución del Proctor estándar, causada por la necesidad de emplear maquinaria de compactación más pesada dado el aumento de la carga por eje experimentado por los vehículos. (Cuadros Surichaqui, 2017)

**Tabla 1:** *Métodos de compactación del suelo*

| TIPO DE ENSAYO            | ESTÁNDAR                    |                                  | MODIFICADO                            |
|---------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| <b>NORMAS</b>             | ASTM D 698<br>AASHTO T - 99 |                                  | ASTM D 1557<br>AASHTO T - 180         |
| <b>PESO DEL MARTILLO</b>  | 5.5 lbf (2.49 kg)           |                                  | 10 lbf (4.54 kg)                      |
| <b>ALTURA DE LA CAIDA</b> | 12" (305 mm)                |                                  | 18" (457 mm)                          |
| <b>NÚMERO DE CAPAS</b>    | 3 capas                     |                                  | 5 capas                               |
| PROCEDIMIENTO DE ENSAYO   | A                           | B                                | C                                     |
| <b>MATERIAL EMPLEADO</b>  | < #4                        | < 3/8"                           | < 3/4"                                |
| <b>DIÁMETRO DEL MOLDE</b> | 4"                          | 4"                               | 6"                                    |
| <b>NÚMERO DE GOLPES</b>   | 25                          | 25                               | 56                                    |
| <b>GRADACIÓN</b>          | Hasta 20% > #4              | Mas de 20% > #4<br>y hasta 20% > | Mas de 20% > 3/8" y<br>menos de 30% > |

Fuente: Adaptado de (MTC, 2016).

Además, el grado máximo de compactación se obtiene mediante curvas de humedad óptima en porcentaje y densidad máxima en kg/cm<sup>2</sup>; esta se debe de dar en relación al tipo de suelo empleado.



- Densidad máxima seca

La Densidad Máxima Seca se entiende como el valor máximo que se va a obtener cuando sometemos un suelo el cual cuenta con una baja humedad, se le va agregando ciertos porcentajes de agua, de la misma forma se va a realizar la compactación con una energía homogénea a cada muestra, debido al agua que se va añadiendo se incrementa gradualmente su peso volumétrico, llegando este peso volumétrico a su valor máximo obtenemos nuestra densidad máxima seca, de la misma forma obtendremos nuestro contenido óptimo de humedad. Para poder obtener dicho valor se realiza mediante dos ensayos conocidos como son en el ensayo de compactación mediante Proctor Modificado y Proctor Estándar (Calderon, 2015).

### **2.2.9. CBR**

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) es establecido como uno de los parámetros de mayor valor en el diseño de pavimentos flexibles. Este se realiza para evaluar la resistencia de las subrasantes del suelo y los materiales de la capa base a través de un ensayo de placa a escala. (MTC, 2010)

El ensayo CBR se emplea para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de firme, explanadas, así como en la clasificación de terrenos. Las siglas CBR significan Californian Bearing Ratio y proviene de que este ensayo fue desarrollado, antes de la segunda guerra mundial, por el Departamento de Transportes de California. (Geotechnical Consulting, 2018)

La prueba CBR de suelos consiste básicamente en compactar un terreno en unos moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicar un punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado. Se rige por la norma ASTM 1883, entre otras. (Geotechnical Consulting, 2018)

### **2.2.10. Permeabilidad del suelo**

La propiedad del suelo que permite el flujo de agua a través de los materiales que lo conforma se conoce como permeabilidad del suelo, el mismo que va a depender de varios factores como la porosidad efectiva. (Maldonado, 2020)

La porosidad en los materiales que conforman el suelo es aportada por la presencia de

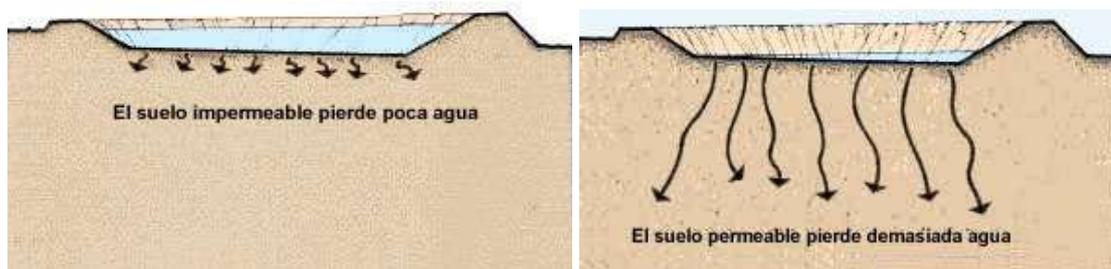


intersticios dentro de él, que se genera por el contacto de los granos o partículas que conforman el suelo. La propiedad de la permeabilidad surge cuando estos intersticios están conectados, lo que brinda una vía para el movimiento de los fluidos, estos poros interconectados se conocen como porosidad efectiva. (Maldonado, 2020)

Un suelo con alta porosidad tiene alta permeabilidad. Un suelo con un menor valor de permeabilidad se clasifica como impermeable. (Maldonado, 2020)

Permeabilidad es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse para la piscicultura. Un estanque construido en suelo impermeable perderá poca agua por filtración. Mientras más permeable sea el suelo, mayor será la filtración. Algunos suelos son tan permeables y la filtración tan intensa que para construir en ellos cualquier tipo de estanque es preciso aplicar técnicas de construcción especiales. (FAO, 2015)

**Figura 7:** *Suelo permeable e impermeable*



Fuente: (FAO, 2015)

### 2.2.11. Nivel de Subrasante

Subrasante del camino La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado. La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera, que se construye entre el terreno natural allanado o explanado y la estructura del pavimento. (MEF, 2015)

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con  $CBR > 6\%$ . En caso de ser menor (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o remplazo, donde el Ingeniero Responsable analizara diversas alternativas de estabilización o de solución, como: Estabilización



mecánica, Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, Estabilización con geo sintéticos (geotextiles, geomallas, u otros), Pedraplenes, Capas de arena, elevar la rasante o cambiar el trazo vial si las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y complejas. (MEF, 2015)

**Tabla 2:** Número de calicatas para la exploración de suelos

| Tipo de carretera   | Profundidad (m)                                      | Número mínimo de calicatas  | Observación  |
|---|--|---|--|
| Autopistas: Carreteras de IMDA mayor de 600 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.                          | 1.50 m.respecto al nivel de subrasante del proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido</li> </ul> |  |
| Carreteras duales o multicarril: Carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas cada una con dos o más carriles. | 1.50 m.respecto al nivel de subrasante del proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido</li> </ul> |  |
| Carreteras de primera clase: Carreteras con un IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.                        | 1.50 m.respecto al nivel de subrasante del proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 calicatas x km.</li> </ul>   | Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada |
| Carreteras de segunda clase: Carreteras con un IMDA entre 2000 y 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.                         | 1.50 m.respecto al nivel de subrasante del proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 calicatas x km.</li> </ul>   |  |
| Carreteras de tercera clase: Carreteras con un IMDA entre 400 y 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.                          | 1.50 m.respecto al nivel de subrasante del proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 calicatas x km.</li> </ul>   |  |
| Carreteras de bajo volumen de tránsito: Carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.                                    | 1.50 m.respecto al nivel de subrasante del proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 calicata x km.</li> </ul>  |  |

Fuente: (Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014)



**Tabla 3:** *Categorías de subrasante*

| Categorías de subrasante    | CBR                          |
|-----------------------------|------------------------------|
| S0: Subrasante inadecuada   | CBR <3%                      |
| S1: Subrasante insuficiente | De CBR $\geq$ 3% A CBR <6%   |
| S2: Subrasante regular      | De CBR $\geq$ 6% A CBR <10%  |
| S3: Subrasante buena        | De CBR $\geq$ 10% A CBR <20% |
| S4: Subrasante muy buena    | De CBR $\geq$ 20% A CBR <30% |
| S5: Subrasante excelente    | CBR 30%                      |

Fuente: (Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014)

### 2.2.12. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. (MTC, 2014)

La estabilización de suelos según la norma es incrementar la fuerza o resistencia de mecánica en sus propiedades en el tiempo. De las cuales existen diferentes técnicas que van desde adicionar los suelos o la incorporación de uno o más estabilizadores y deben cumplir con la compactación. (MTC, 2014)

- Criterios Geotécnicos para la estabilización de suelos

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR  $\geq$  6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo. (MTC, 2014)

La superficie de la subrasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una subrasante buena y regular; a 1.00 m cuando se trate de una subrasante pobre y, a 1.20 m cuando se trate de una subrasante inadecuada. (MTC, 2014)

Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son:



los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas. (MTC, 2014)

Los factores que se considerarán al seleccionar el método más conveniente de estabilización son:

- Tipo de suelo a estabilizar
- Uso propuesto del suelo estabilizado
- Tipo de adición estabilizador de suelos
- Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará
- Disponibilidad del tipo de adición estabilizador
- Disponibilidad del equipo adecuado
- Costos comparativos
- Tipos de estabilización

Los métodos de estabilización de suelos pueden clasificarse en: mecánicos, físicos, químicos y biológicos.

- Estabilización mecánica

La estabilización mecánica consiste en compactar el suelo de forma estática o dinámica para aumentar su densidad, su resistencia mecánica, disminuir su porosidad y su permeabilidad. Puede incluir también previamente la mezcla de suelos de diferente gradación para obtener la especificación apropiada. Los objetivos ingenieriles de dicho procedimiento son principalmente a) aumentar su capacidad portante, b) disminuir el asentamiento de las estructuras, c) controlar cambios volumétricos indeseables, d) reducir la permeabilidad al agua, y e) aumentar la estabilidad de los taludes. (Das, 2015)

La compactación de un suelo depende de la energía de compactación, por el tipo y gradación del suelo, y el grado de compactación depende del contenido de humedad y el peso unitario seco. El grado de compactación es entonces medido en términos del peso unitario del suelo seco. (Das, 2015)



- Estabilización física

Según (Liu, et al., 2011) La estabilización física consiste en modificar las propiedades de los suelos mediante la intervención en algunas de sus propiedades para aportar características estructurales nuevas. Entre los procedimientos físicos se encuentran el uso de los materiales denominados geosintéticos, tales como los geotextiles, fabricados generalmente de fibras sintéticas como el poliéster o polipropileno; las geomallas, estructuras tridimensionales pero con la característica de ser mono o bi-orientadas y fabricadas en polietileno de alta densidad; las geomembranas, láminas poliméricas impermeables fabricadas en cloruro de polivinilo (PVC), o polietileno de alta o baja densidad. (Rivera, Aguirre, Mejía, & Orobio, 2020)

- Estabilización química

La estabilización química consiste en añadir al suelo otros materiales, o productos químicos, que modifican sus propiedades, ya sea por una reacción fisicoquímica, o mediante la creación de una matriz que aglomere las partículas del suelo (Bahar; Benazzoug; Kenai, 2004; Billong; Melo; Louvet; Njopwouo, 2009). Algunos autores como Bahar et al., (2004) y Billong et al., (2009) recomiendan la combinación de dos métodos, el de estabilización por métodos mecánicos de compactación y vibración y el de estabilización por métodos químicos, para obtener mayor resistencia y durabilidad. (Rivera, Aguirre, Mejía, & Orobio, 2020)

Estabilización química en el suelo arcilloso: al añadirse un componente químico en las arcillas, se producen intercambios entre los electrones presentes en el mismo.

Se puede definir al cambio iónico como procesos que son reversibles, en los cuales tenemos que las partículas sólidas del suelo absorben iones de la fase denominada acuosa, con lo cual se logra liberar en el mismo instante otros iones las cuales se presentan en cantidad que son equivalentes, de esa forma se llega a establecer el conocido equilibrio de dichas fases. (Perez, 2017)

Los mecanismos que dan lugar al intercambio pueden ser:

- Fuerzas de enlace entre moléculas sin carga (fuerzas físicas) tales como:

a. Fuerza de Van der Waals: se originan por la polarización de la nube electrónica.



b. Fuerza de enlace por puentes de Hidrógeno.

- Fuerzas de enlace entre átomos debido a:

- Enlace iónico: resultante de la interacción de cargas electropositivas y electronegativas por fuerzas de Coulomb.
- Enlace covalente: 2 átomos comparten electrones

El intercambio puede producirse entre cationes (capacidad de intercambio catiónica “CIC”) y entre aniones (capacidad de intercambio aniónica “CIA”), siendo más frecuente el primero.

#### COMPORTAMIENTO DE LAS ARCILLAS

| Arcilla        | Capacidad de intercambio cationico<br>CEC [meq/100g] | Superficie específica SE<br>[m <sup>2</sup> /g] |
|----------------|--|---|
| Caolinita      | 2 - 5  | 15  |
| Halloysita     | 10 - 50  | 60  |
| Ilita          | 10 -50   | 50  |
| Montmoillonita | 80 - 200   | 80 - 900  |

- Estabilización biológica

Consiste básicamente en la utilización de enzimas biológicas que al ser incorporadas al suelo actúan aumentando el grado de aglutinamiento y compactación de las partículas del suelo, como consecuencia de un intercambio catiónico en la estructura del suelo que da lugar a un proceso de cementación acelerado. (Rivera, Aguirre, Mejía, & Orobio, 2020)

### 2.2.13. Impacto ambiental

El uso del aceite quemado de motor implica una mayor responsabilidad debido a sus componentes químicos que de alguna u otra manera podría influir negativamente y contaminar el suelo, además de ser ciertamente peligroso para los seres vivos en caso no se utilice adecuadamente.

El aceite residual es una mezcla de hidrocarburos que contiene restos de desgaste de motor durante el uso de funcionamiento de motores y sistema de transmisión de las



maquinarias pesadas pierden sus propiedades y características volviéndose inadecuados cuando se impregna el aceite en los suelos tiene las siguientes reacciones: (Huaquisto, 2014)

- Aumenta su densificación
- Elimina la permeabilidad del suelo
- Elimina agua por impacto de iones

Debido a ello, se propone alternativas en cuanto al almacenamiento adecuado del mismo y un análisis del suelo con adición del aceite quemado de motor en una relación del 8% respecto al peso del agua y el cultivo de grama en este mismo suelo para de esta manera calcular si es altamente contaminante o no; al realizar dicho procedimiento se comprueba de manera positiva el crecimiento normal y progresivo de la planta cultivada dando a entender que el impacto que produce el aceite quemado de motor adicionado en el suelo no influye significativamente en el crecimiento de una planta.

#### **2.2.14. Acopio y almacenamiento del aceite quemado de motor**

Se reunirán los aceites quemados de motor de centros de acopio como lubricentros u otros tomando medidas de seguridad como precaución para facilitar la recolección de los mismos y evitar accidentes, y su almacenamiento será en botellas de plástico aseguradas debidamente para evitar derrames.

#### **2.2.15. Análisis de contaminación en el suelo**

El trabajo realizado por Mahdi y Zaineb, 2017 sobre el efecto del aceite combustible en las propiedades geotécnicas de suelos arcillosos tipo CL obtenidos de la planta de energía eléctrica en el campus de la Universidad de Bagdad en Al-Jadriah en Bagdad/Iraq, destaca que el contaminante tiene un impacto significativo en algunas propiedades del suelo y efectos leves en los otros. Al aumentar el porcentaje de contaminante causa una ligera disminución en el límite del líquido y la distribución del tamaño de partícula; por otro lado, causa un aumento considerable en los parámetros de consolidación y una disminución en los parámetros de resistencia al corte. Además, hay un ligero cambio en la composición química de las muestras de suelo. (Villena, Villaroel, & Leon, 2019)



En diversos estudios realizados donde se aplica el aceite quemado de motor en suelos arcillosos, se muestra una alteración en cuanto a sus principales propiedades físico mecánicas, pero dando resultados positivos en cuanto a la misma, es decir, mejorando sus propiedades.

Según el artículo científico: “Influencia de la bioaumentación en suelos contaminados con petróleo crudo por especies de *Pseudomonas* en la remoción de hidrocarburos totales de petróleo”, Los contaminantes del petróleo crudo y los hidrocarburos del petróleo se consideran como principales contaminantes al deterioro ambiental (Varjani et al., 2017; Koshlaf et al., 2017; Ossai et al., 2020). Hay varios métodos disponibles actualmente para la limpieza de estos hidrocarburos peligrosos en el medio ambiente es decir, métodos físicos y químicos. (Balakrishnan, y otros, 2023)

La Biorremediación es uno de los enfoques biológicos efectivos, junto a la bioaumentación que implica la adición de microbios específicos en el sitio contaminado y mejorado para aumentar la tasa de biorremediación. (Balakrishnan, y otros, 2023)

El objetivo de este estudio es investigar la remoción de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en el crudo y motor suelo contaminado con lodos de aceite y también evaluó la eficiencia de biodegradación (BE) porcentaje por análisis GCMS. Además, el suelo tratado por el aumento fue sometido al cultivo de la planta.

Por lo tanto, para analizar si el aceite quemado de motor es altamente contaminante para el suelo, se propone el cultivo de grama con una adición del 8% de aceite quemado de motor en relación al peso de agua. Y en caso sea altamente contaminante, podemos acudir a las alternativas de biorremediación presentes en la actualidad.

## **2.3. Hipótesis**

### **2.3.1. Hipótesis General**

La adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% influye significativamente en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.



### 2.3.2. Sub-Hipótesis

#### Sub Hipótesis N°01

La adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% influye significativamente en la plasticidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.

#### Sub Hipótesis N°02

La adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% influye significativamente en la densidad máxima seca de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.

#### Sub Hipótesis N°03

La adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% influye significativamente en el CBR de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.

#### Sub Hipótesis N°04

La adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% influye significativamente en la permeabilidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante de carretera en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.

## 2.4. Definición de Variables

### 2.4.1. Variables Independientes

- Aceite quemado de motor: Mezcla de hidrocarburos procedentes del petróleo con restos de los aditivos que se les añadieron para realizar la función de lubricación, así como agua, disolventes y otros” (Arner, Barberan, & Mur, 2006).  
Cuyo indicador es la dosificación de aceite quemado de motor al 8%.
- Mucílago de sábila: “Biopolímero coagulante que es utilizado para impermeabilizar o tapar poros e incluso como pegamento" (Conacyt, 2017).  
Cuyo indicador es la dosificación de mucílago de sábila al 25%, 50% y 75%.



## 2.4.2. Variables Dependientes

- Propiedades físico-mecánicas del suelo cohesivo: Son aquellas propiedades que se analizan para determinar si sufren alteraciones al añadirse aditivos al suelo cohesivo.

### 2.4.2.1. Dimensiones

- Plasticidad: La plasticidad de un suelo se atribuye a la deformación de la capa de agua adsorbida alrededor de los minerales; desplazándose como sustancia viscosa a lo largo de la superficie mineral, controlada por la atracción iónica. (Duque & Escobar, 2020). Cuyo indicador principal es el Índice de plasticidad del suelo.

- Densidad máxima seca: Valor máximo que se va a obtener cuando sometemos un suelo el cual cuenta con una baja humedad, se le va agregando ciertos porcentajes de agua y se le somete a la compactación con una energía homogénea, de la misma forma obtendremos nuestro contenido óptimo de humedad. Estos valores se obtienen mediante el ensayo de Proctor (Calderon, 2015). Cuyos indicadores son la densidad máxima seca y el contenido de humedad óptimo.

- CBR: El ensayo CBR (California Bearing Ratio) es establecido como uno de los parámetros de mayor valor en el diseño de pavimentos flexibles. Este se realiza para evaluar la resistencia de las subrasantes del suelo y los materiales de la capa base a través de un ensayo de placa a escala. (MTC, 2010). Cuyo indicador es el Índice de CBR del suelo.

- Permeabilidad: Es la propiedad del suelo que permite el flujo de agua a través de los materiales que lo conforma, el mismo que va a depender de varios factores como la porosidad efectiva. (Maldonado, 2020). Cuyo indicador es el coeficiente de permeabilidad del suelo.



### 2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 4: Cuadro de Operacionalización de Variables

| VARIABLES  | DIMENSIONES                             | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | INDICADOR   | INSTR. DE MEDICIÓN    | INSTR. DE INGENIERÍA                                      |
|--|---|--|--|---|-----------------------|---|
| V.I. ACEITE QUEMADO DE MOTOR                         | DOSIFICACIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR | Mezcla de hidrocarburos procedentes del petróleo con restos de los aditivos que se les añadieron para realizar la función de lubricación, así como agua, disolventes y otros contaminantes adquiridos durante su utilización” (Arner et al., 2006).  | Se obtendrá de los establecimientos encargados del cambio de aceite de los vehículos, posteriormente este se utilizara en un porcentaje de 8% en todos los ensayos.  | Dosificación al 8%                                  | Fichas de Laboratorio | -Balanza  |
| V.I. MUCÍLAGO DE SÁBILA                              | DOSIFICACIÓN DE MUCÍLAGO DE SÁBILA      | Biopolímero coagulante utilizado para impermeabilizar o tapar poros e incluso como pegamento (Conacyt, 2017).  | Se realiza la extracción de las hojas de sábila, quitamos las espinas que contiene junto a la corteza, raspamos la pulpa de la hoja y procedemos a licuarla hasta que quede el aloe vera uniforme.   | Dosificación al 25%, 50%, 75%                       |                       |   |
| V.D. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL SUELO COHESIVO | PLASTICIDAD                             | La plasticidad de un suelo se atribuye a la deformación de la capa de agua adsorbida alrededor de los minerales; desplazándose como sustancia viscosa a lo largo de la superficie mineral, controlada por la atracción iónica. (Duque & Escobar, 2020).  | Se realizan ensayos de Límite líquido y límite plástico para la obtención del índice de plasticidad; estos con la muestra natural y la que se adicionará con el aceite quemado de motor y el mucilago de sábila.                           | Índice de plasticidad                               |                       | -Copa de Casagrande<br>- Ranurador                        |
|  | DENSIDAD MÁXIMA SECA                    | Se entiende como el valor máximo que se va a obtener cuando sometemos un suelo a la compactación mediante cierta energía añadiendo porcentajes de agua hasta obtener el contenido de humedad óptimo para la máxima densidad seca (Calderon, 2015).   | Se realiza mediante el ensayo de proctor modificado el cual se empleara para determinar la relacion de densidad seca asi mismo la humedad optima de compactación   | Densidad máxima seca<br>Contenido de humedad óptimo |                       | - Molde Proctor<br>- Pisón manual                         |
|  | CBR                                     | El ensayo CBR (California Bearing Ratio) es establecido como uno de los parámetros de mayor valor en el diseño de pavimentos flexibles. Este se realiza para evaluar la resistencia de las subrasantes del suelo y los materiales de la capa base a través de un ensayo de placa a escala. (MTC, 2010) | Para el cálculo del CBR necesitamos los resultados obtenidos del ensayo Proctor previamente realizado con la muestra natural y la que se adicionará con el aceite quemado de motor y el mucilago de sábila en sus distintas dosificaciones | Índice de CBR                                       | Fichas de Laboratorio | -Moldes CBR<br>-Penetrómetro<br>-Pesas<br>-Balanza        |
|  | PERMEABILIDAD                           | La propiedad del suelo que permite el flujo de agua a través de los materiales que lo conforma se conoce como permeabilidad del suelo, el mismo que va a depender de varios factores como la porosidad efectiva. (Maldonado, 2020)   | Se emplea el método de carga constante, este aplicará a cada combinacion entre el aceite quemado de motor y el mucilago de sabila en sus distintos porcentajes hallando así la permeabilidad de cada uno.                                  | Permeabilidad                                       |                       | -Molde patron<br>-Aparato de Permeabilidad<br>-Cronómetro |

Fuente: Elaboración propia.



## Capítulo III: Metodología

### 3.1. Metodología de la Investigación

#### 3.1.1. Enfoque de la Investigación

Según su enfoque, la investigación es cuantitativa ya que se utiliza la recolección de datos para probar nuestras hipótesis, en la cual verificaremos su veracidad o no con la realización de ensayos de campo y laboratorio siendo todos, datos numéricos.

Según (Hernandez Sampieri, Fernández, & Baptista, 2017) “En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación (si es que no se tienen hipótesis)”.

#### 3.1.2. Nivel o Alcance de la Investigación

El nivel de la investigación es descriptivo – explicativo ya que describe el proceso necesario que se emplea para determinar las propiedades de los suelos cohesivos y mejorarlas con el uso de aceite quemado de motor y mucílago de sábila en distintos porcentajes.

Según (Arias, 2012) “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.”

La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas, como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. (Arias, 2012).

#### 3.1.3. Método de Investigación

El método hipotético-deductivo consiste en pasos que parte de unas aseveraciones o afirmaciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos o resultados obtenidos. (A. Bernal, 2010)



La presente investigación sigue el método hipotético-deductivo por la afirmación general de que el mucílago de sábila en combinación con el aceite quemado de motor tendrá una mayor influencia en la estabilización del suelo a nivel de subrasante.

### **3.2. Diseño de la Investigación**

#### **3.2.1. Diseño Metodológico**

Según la metodología de investigación es experimental ya que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados.

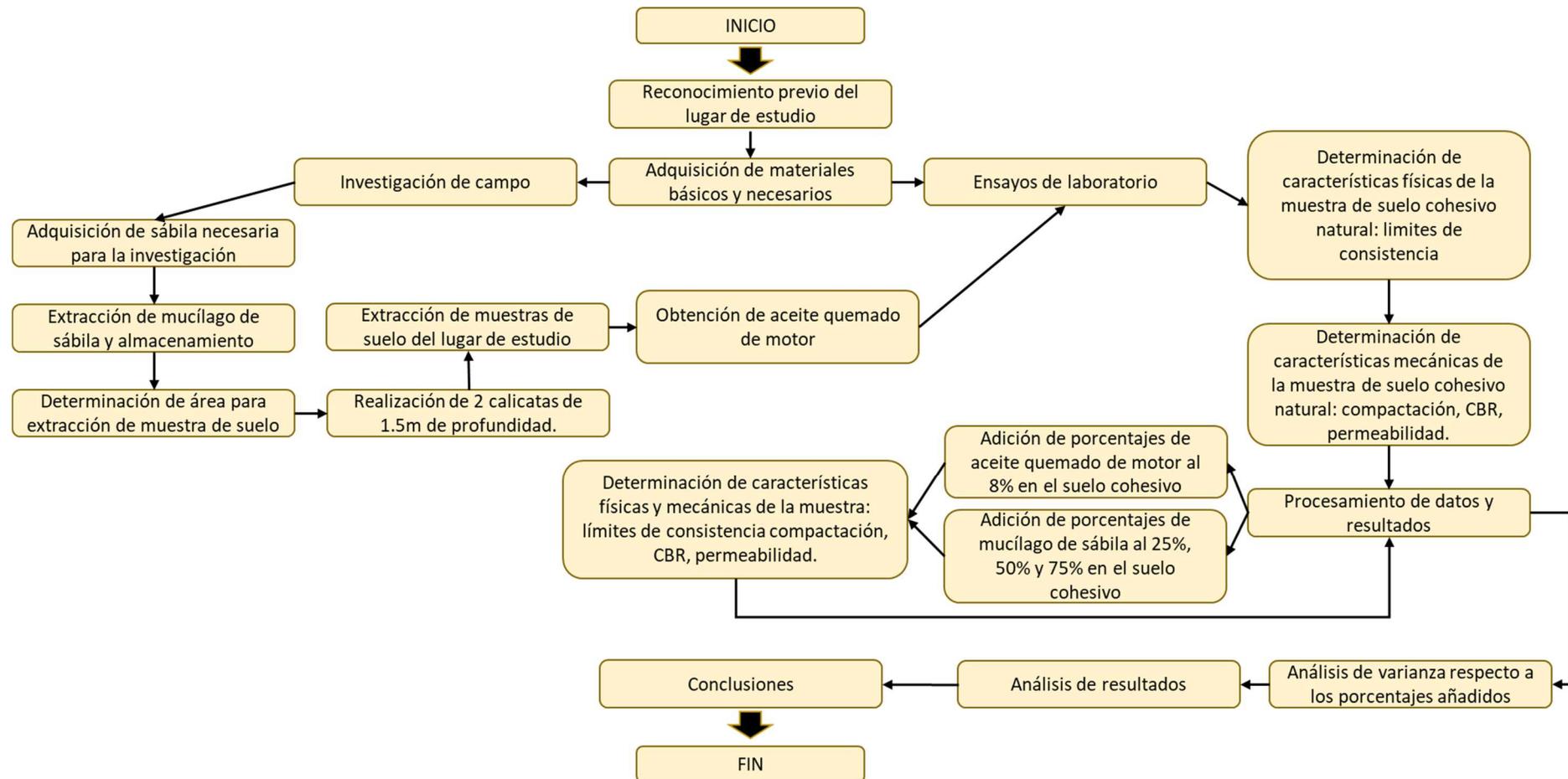
En la literatura sobre la investigación se distinguen dos contextos generales en los que llega a tomar lugar un diseño experimental: laboratorio y campo. Así, se habla de experimentos de laboratorio y experimentos de campo. (Hernandez Sampieri, Fernández, & Baptista, 2017)

Según (Arias, 2012) “La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”.



### 3.2.2. Diseño de Ingeniería

Figura 8: Diseño de Ingeniería.



Fuente: Elaboración propia.



### **3.3. Población y Muestra**

#### **3.3.1. Población**

##### ***3.3.1.1 Descripción de la población***

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. (Arias, 2012)

En la presente investigación la población viene a estar conformada por las muestras de suelo cohesivo del sector de Alto Qosqo, San Sebastián del punto más crítico según su estratigrafía; tanto del suelo natural como el adicionado con 8% de aceite quemado de motor y 25%, 50% y 75% de mucílago de sábila respectivamente.

##### ***3.3.1.2 Cuantificación de la población***

La población viene a estar conformada por 12 muestras o especímenes sometidos a pruebas de laboratorio concernientes al límite líquido, 12 muestras o especímenes sometidos a pruebas de laboratorio de límite plástico, 12 muestras o especímenes sometidos a pruebas de laboratorio de Proctor modificado, 12 muestras o especímenes sometidos a pruebas de laboratorio de CBR y 12 muestras o especímenes sometidos a pruebas de laboratorio de permeabilidad, todas ellas con muestras de suelo natural, suelo adicionado con 8% de aceite quemado de motor y 25% de mucílago de sábila, suelo adicionado con 8% de aceite quemado de motor y 50% de mucílago de sábila y suelo adicionado con 8% de aceite quemado de motor y 75% de mucílago de sábila.

#### **3.3.2. Muestra**

##### ***3.3.2.1 Descripción de la Muestra***

La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. Para seleccionar la muestra se utiliza una técnica o procedimiento denominado muestreo. (Arias, 2012)

Se define como un conjunto de objetos y sujetos procedentes de una población definida como un conjunto de elementos que cumplen con unas determinadas especificaciones. (A. Bernal,



2010)

En la presente investigación, la muestra coincide con la población debido a que se encuentra conformada por las muestras de suelo cohesivo del sector de Alto Qosqo, San Sebastián del punto más crítico según su estratigrafía; tanto del suelo natural como el adicionado con 8% de aceite quemado de motor y 25%, 50% y 75% de mucílago de sábila respectivamente.

### 3.3.2.2 Cuantificación de la Muestra

Para evaluar la muestra, se realiza un análisis en cuanto a las muestras de suelo natural y las adicionadas con aceite quemado de motor y mucílago de sábila en distintos porcentajes, todo ello mediante pruebas de laboratorio que nos ayuden a identificar la mejora o no de las propiedades del suelo cohesivo de la zona en estudio.

**Tabla 5:** Cuantificación de la muestra

| MUESTRAS<br>ENSAYOS     | CANTIDAD DE MUESTRAS |                              |                              |                              | TOTAL                    |
|-------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
|                         | Suelo natural        | 8% Aceite quemado de motor   |                              |                              |                          |
|                         |                      | 25%<br>Mucílago de<br>sábila | 50%<br>Mucílago de<br>sábila | 75%<br>Mucílago de<br>sábila |                          |
| Análisis granulométrico | 3                    |                              |                              |                              | 3                        |
| Contenido de Humedad    | 3                    |                              |                              |                              | 3                        |
| Límite líquido          | 3                    | 3                            | 3                            | 3                            | 12                       |
| Límite plástico         | 3                    | 3                            | 3                            | 3                            | 12                       |
| Proctor modificado      | 3                    | 3                            | 3                            | 3                            | 12                       |
| CBR                     | 3                    | 3                            | 3                            | 3                            | 12                       |
| Permeabilidad           | 3                    | 3                            | 3                            | 3                            | 12                       |
|                         |                      |                              |                              |                              | <b>Total de muestras</b> |
|                         |                      |                              |                              |                              | 66                       |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2.3 Método de Muestreo

Existen dos tipos básicos de muestreo: Probabilístico o Aleatorio y No Probabilístico, (Arias, 2012)

La elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con el propósito de la investigación o del investigador, los pasos no son mecánicos ni pasan por fórmulas de probabilísticas. (Fernández Collado, Baptista Lucio, & Hernández Sampieri, 2014)

En la investigación el método de muestreo que se emplea es NO PROBABILÍSTICO debido a que la muestra fue escogida de manera intencional en base a nuestro criterio y viendo la



necesidad del proyecto en investigación.

#### **3.3.2.4 Criterios de Evaluación de Muestra**

Se realiza el análisis de las muestras de suelo del punto más crítico según su estratigrafía, ejecutando cada prueba de laboratorio con apoyo del Manual de Ensayo de Materiales.

- 24 muestras sometidas a pruebas de laboratorio para determinar los límites de Atterberg, divididos en 12 muestras sometidas a pruebas para límite líquido y 12 muestras sometidas a pruebas para determinar el límite plástico del suelo cohesivo en estudio.
- 12 muestras sometidas a pruebas de laboratorio para determinar su contenido de humedad y posteriormente calcular la densidad máxima seca del suelo.
- 12 muestras sometidas a pruebas de laboratorio para el cálculo del CBR del suelo, con una cantidad determinada promedio del suelo teniendo previamente el contenido de humedad óptimo para cada tipo de muestra en estudio.
- 12 muestras sometidas a pruebas de laboratorio para el cálculo de la permeabilidad del suelo, esto con apoyo de instrumentos de laboratorio.

#### **3.3.3. Criterios de Inclusión**

- Se realizaron 3 calicatas, y de acuerdo a su estratigrafía y datos concernientes a las principales pruebas de laboratorio se trabaja con el suelo que presenta el CBR más bajo.
- Previamente a la ejecución de las pruebas de laboratorio, se realizó un análisis granulométrico del suelo en estudio para poder clasificarlo según SUCS Y AASHTO.
- Las muestras se realizan con el mismo tipo de suelo (suelo cohesivo) para todos los casos.
- Las muestras se realizan bajo 3 dosificaciones (8% aceite quemado de motor y 25% de mucílago de sábila, 8% aceite quemado de motor y 50% de mucílago de sábila y 8% aceite quemado de motor y 75% de mucílago de sábila)
- Las pruebas de laboratorio se realizan según la Guía de ensayo de materiales del MTC.
- Las pruebas de laboratorio se realizan empleando en todos los casos agua potable.
- El aceite quemado de motor se obtuvo de lubricentros.
- El mucílago de sábila se extrajo de plantaciones silvestres donde crecen en gran abundancia.



### 3.4. Instrumentos

#### 3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos

Tabla 6: Guía de observación en laboratorio: Contenido de Humedad.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Contenido de Humedad   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 108 Determinación de contenido de humedad de un suelo      |
| <b>Fecha</b>       |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |   |
|-----------------|---|
| X               | Y |
|                 |   |

|          |  |
|----------|--|
| CALICATA |  |
| SUCS     |  |
| ACEITE   |  |
| SABILA   |  |

#### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)

|                             | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | PROMEDIO |
|-----------------------------|------------|------------|------------|----------|
| PESO DE CAPSULA             |            |            |            |          |
| PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO |            |            |            |          |
| PESO CAPS + MATERIAL SECO   |            |            |            |          |
| PESO DEL AGUA               |            |            |            |          |
| PESO DEL SUELO SECO         |            |            |            |          |
| CONTENIDO DE AGUA (%)       |            |            |            |          |

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 7: Guía de observación en laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"**

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Granulometria de suelos finos                                    |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 107 Analisis Granulometrico de Suelos por Tamizado         |
| <b>Fecha</b>       |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                        |                 |  |  |  |                             |
|------------------------|-----------------|--|--|--|-----------------------------|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | <b>CALICATA</b> |  |  |  |                             |
| <b>X</b>               | <b>SUCS</b>     |  |  |  | PESO SECO ANTES DE LAVADO   |
| 182971                 | <b>ACEITE</b>   |  |  |  | PESO SECO DESPUES DE LAVADO |
| <b>Y</b>               | <b>SABILA</b>   |  |  |  | PERDIDA EN PESO             |
| 8503378                |                 |  |  |  |                             |

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200**

**EG2013 - CARRETERAS**

| Tamiz N°   | Diam.(mm) | Peso retenido | %retenido | % retenido acumulado | %que pasa | Limite Superior | Limite Inferior | Cumple?? |
|------------|-----------|---------------|-----------|----------------------|-----------|-----------------|-----------------|----------|
| 3 pulg     | 75        |               |           |                      |           |                 |                 |          |
| 2 pulg     | 50        |               |           |                      |           |                 |                 |          |
| 1 1/2 pulg | 38.1      |               |           |                      |           |                 |                 |          |
| 1 pulg     | 25.4      |               |           |                      |           |                 |                 |          |
| 3/4 pulg   | 19        |               |           |                      |           |                 |                 |          |
| 1/2 pulg   | 12.5      |               |           |                      |           |                 |                 |          |
| 3/8 pulg   | 9.5       |               |           |                      |           |                 |                 |          |
| N° 4       | 4.750     |               |           |                      |           |                 |                 |          |
| N° 10      | 2.000     |               |           |                      |           |                 |                 |          |
| N° 40      | 0.426     |               |           |                      |           |                 |                 |          |
| N° 200     | 0.075     |               |           |                      |           |                 |                 |          |
| bandeja    | 0.010     |               |           |                      |           |                 |                 |          |
|            | TOTAL     |               |           |                      |           |                 |                 |          |

% de gruesos=  
% de finos=  
% de grava=  
% de arena=

% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4=  
% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4=

(Grava)  
(Arena)

**METODO DE COMPACTACION**

D60=  
D30=  
D10=

Cu=  
Cc=

Fuente: Elaboración propia



Tabla 8: Guía de observación en laboratorio: Límites de Atterberg – Límite Líquido y Límite Plástico

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límites de Atterberg  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido, MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha:</b>      |   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez  |

| COORDENADAS UTM |   | CALICATA |  |
|-----------------|---|----------|--|
| X               | Y | SUCS     |  |
|                 |   | ACEITE   |  |
|                 |   | SABILA   |  |

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------------|---|---|---|---|
| peso de suelo humedo + lata(gr) |   |   |   |   |
| peso de suelo seco + lata(gr)   |   |   |   |   |
| peso de lata(gr)                |   |   |   |   |
| peso de suelo seco(gr)          |   |   |   |   |
| peso de suelo humedo(gr)        |   |   |   |   |
| peso de agua(gr)                |   |   |   |   |
| contenido de humedad            |   |   |   |   |
| Numero de golpes;N              |   |   |   |   |
| LL aproximado                   |   |   |   |   |



**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|-------------------------------|---|---|---|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) |   |   |   |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) |   |   |   |          |
| peso de lata(gr)              |   |   |   |          |
| peso de suelo seco(gr)        |   |   |   |          |
| peso de suelo humedo(gr)      |   |   |   |          |
| peso de agua(gr)              |   |   |   |          |
| contenido de humedad          |   |   |   |          |



|     |  |
|-----|--|
| LL= |  |
| LP= |  |
| IP= |  |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 9: Guía de observación en laboratorio: Proctor Modificado.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Proctor Modificado   |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada                                    |  |
| <b>Fecha:</b>  |  |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

|   | Clasificación SUCS=<br>Clasificación ASTHO= | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">METODO</th></tr> <tr><th colspan="2">DATOS DEL MOLDE</th></tr> <tr><td>Altura</td><td></td></tr> <tr><td>Diametro</td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td></td></tr> <tr><td>Peso</td><td></td></tr> <tr><td>Material pasante del tamiz</td><td></td></tr> </table> | METODO |   | DATOS DEL MOLDE |  | Altura   |          | Diametro |      | Volumen |        | Peso |        | Material pasante del tamiz |  |
|---|---|---|--------|---|-----------------|--|--|----------|----------|------|---------|--------|------|--------|----------------------------|--|
| METODO  |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| DATOS DEL MOLDE   |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| Altura  |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| Diametro  |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| Volumen   |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| Peso  |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| Material pasante del tamiz  |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">COORDENADAS UTM</th></tr> <tr><th>X</th><th>Y</th></tr> <tr><td></td><td></td></tr> </table> | COORDENADAS UTM                             |   | X      | Y |                 |  | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">CALICATA</th></tr> <tr><th>SUCS</th><td></td></tr> <tr><th>ACEITE</th><td></td></tr> <tr><th>SABILA</th><td></td></tr> </table> | CALICATA |          | SUCS |         | ACEITE |      | SABILA |                            |  |
| COORDENADAS UTM   |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| X   | Y   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
|   |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| CALICATA  |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| SUCS  |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| ACEITE  |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |
| SABILA  |   |   |        |   |                 |  |  |          |          |      |         |        |      |        |                            |  |

**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)**

|                                       |            |  |  |  |  |
|---------------------------------------|------------|--|--|--|--|
| FECHA:                                | MUESTRA N° |  |  |  |  |
| MOLDE N°                              |            |  |  |  |  |
| NUMERO DE CAPAS                       |            |  |  |  |  |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 |            |  |  |  |  |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |            |  |  |  |  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       |            |  |  |  |  |
| PESO MOLDE                            |            |  |  |  |  |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |            |  |  |  |  |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |            |  |  |  |  |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |            |  |  |  |  |
| DENSIDAD SECA                         |            |  |  |  |  |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |            |  |  |  |  |
| RECIPIENTE N°                         |            |  |  |  |  |
| PESO RECIPIENTE                       |            |  |  |  |  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  |            |  |  |  |  |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE |            |  |  |  |  |
| PESO DE AGUA                          |            |  |  |  |  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |            |  |  |  |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |            |  |  |  |  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |            |  |  |  |  |

DMS =

CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 10: Guía de observación en laboratorio: CBR en laboratorio

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|             |  |
|-------------|--|
| Ensayo:     | Ensayo de CBR  |
| Referencia: | MTC E 132 CBR en suelos  |
| Fecha:      |  |
| Tesistas:   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                 |   |   |          |      |                      |          |        |
|-----------------|---|---|----------|------|----------------------|----------|--------|
| COORDENADAS UTM |   |   | CALICATA |      | DATOS DEL MOLDE (cm) |          |        |
|                 | X | Y |          | SUCS |                      |          | Altura |
|                 |   |   | CEMENTO  |      |                      | Diametro |        |
|                 |   |   | POMEZ    |      |                      | Volumen  |        |
|                 |   |   |          |      |                      | Peso     |        |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |   |   |   |
|-----------------------|---|---|---|
| MOLDE N°              | 1 | 2 | 3 |
| NUMERO DE CAPAS       |   |   |   |
| N° DE GOLPES POR CAPA |   |   |   |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |  |  |  |
|---------------------------------------|--|--|--|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       |  |  |  |
| PESO MOLDE                            |  |  |  |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |  |  |  |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |  |  |  |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |  |  |  |
| DENSIDAD SECA                         |  |  |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |  |  |  |
| RECIPIENTE N°                         |  |  |  |
| PESO RECIPIENTE                       |  |  |  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  |  |  |  |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE |  |  |  |
| PESO DE AGUA                          |  |  |  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |  |  |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |  |  |  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |  |  |  |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |    |    |    |
|--|----|----|----|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56 | 25 | 12 |
| MOLDE N°   |    |    |    |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION |    |    |    |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   |    |    |    |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |    |    |    |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |    |    |    |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

|                       |                 |      |               |      |               |      |               |
|-----------------------|-----------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |      | 25            |      | 12            |      |               |
| MOLDE N°              | 1               |      | 2             |      | 3             |      |               |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL | ESPONJAMIENTO | DIAL | ESPONJAMIENTO | DIAL | ESPONJAMIENTO |
|                       | 0               |      |               |      |               |      |               |
|                       | 24              |      |               |      |               |      |               |
|                       | 48              |      |               |      |               |      |               |
|                       | 72              |      |               |      |               |      |               |
|                       | 96              |      |               |      |               |      |               |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

|   |                            |                 |     |          |                 |     |          |                 |     |          |
|---|----------------------------|-----------------|-----|----------|-----------------|-----|----------|-----------------|-----|----------|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |                            | 56 GOLPES       |     |          | 25 GOLPES       |     |          | 12 GOLPES       |     |          |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |                            | MOLDE N°        |     |          | MOLDE N°        |     |          | MOLDE N°        |     |          |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT% | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT% | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT% |
|   |                            | DIAL            | psi |          | DIAL            | psi |          | DIAL            | psi |          |
| 0                                       |                            |                 |     |          |                 |     |          |                 |     |          |
| 0.025                                   |                            |                 |     |          |                 |     |          |                 |     |          |
| 0.050                                   |                            |                 |     |          |                 |     |          |                 |     |          |
| 0.075                                   |                            |                 |     |          |                 |     |          |                 |     |          |
| 0.100                                   | 1000                       |                 |     |          |                 |     |          |                 |     |          |
| 0.200                                   | 1500                       |                 |     |          |                 |     |          |                 |     |          |
| 0.300                                   | 1900                       |                 |     |          |                 |     |          |                 |     |          |
| 0.400                                   | 2300                       |                 |     |          |                 |     |          |                 |     |          |
| 0.500                                   | 2600                       |                 |     |          |                 |     |          |                 |     |          |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 11: Guía de observación en laboratorio: Permeabilidad de suelos.

|  |                              |  |
|--|------------------------------|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia:</b> |  |
| <b>Fecha:</b>      |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |   |
|-----------------|---|
| X               | Y |
|                 |   |

| CALICATA |  |
|----------|--|
| SUCS     |  |

| ACEITE |  |
|--------|--|
| SABILA |  |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b> |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)  |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)  |

Ecuaciones a considerar:

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| Nº | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            |            | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) | Δh (h2-h1) |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         |  |                 |            |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         |  |                 |            |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         |  |                 |            |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         |  |                 |            |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         |  |                 |            |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Instrumentos de Ingeniería

Dentro de la investigación se utilizan distintos equipos y materiales para realizar los ensayos respectivos.

#### 3.4.2.1 Ensayo de Determinación de Contenido de Humedad

- Horno de secado. - Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.



- Balanzas. Con precisión de 0.01 g para muestras de menos de 200 g de 0. 1 g para muestras de más de 200 g.
- Recipientes. - Recipientes apropiados fabricados de material resistente.
- Utensilios para manipulación de recipientes. - Se requiere el uso de guantes, tenazas o un sujetador apropiado.
- Otros utensilios. - Se requiere el empleo de cuchillos, espátulas. cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

#### ***3.4.2.2 Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado.***

- Balanzas. Con precisión de 0.01 g para muestras de menos de 200 g de 0. 1 g para muestras de más de 200 g.
- Serie de tamices finos 4,76 mm (N° 4), 2,00 mm (N° 8), 0,840 mm (N° 16), 0,425 mm (N° 30), 0,250 mm (N° 50), 0,15 mm (N° 100), y 0,075 mm (N° 200).
- Horno de secado. - Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Envases adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- Cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices.

#### ***3.4.2.3 Ensayo de Determinación de Límite Líquido y Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos.***

- Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½”) de diámetro aproximadamente.
- Espátula. - De hoja flexible
- Cuchara de Casagrande
- Acanalador.
- Calibrador. - Ya sea incorporado al ranurador o separado.
- Recipientes. Recipientes apropiados fabricados de material resistente.
- Balanza. - Con precisión de 0.01 g
- Horno de secado. - Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Superficie de rodadura. - Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.
- Pipeta

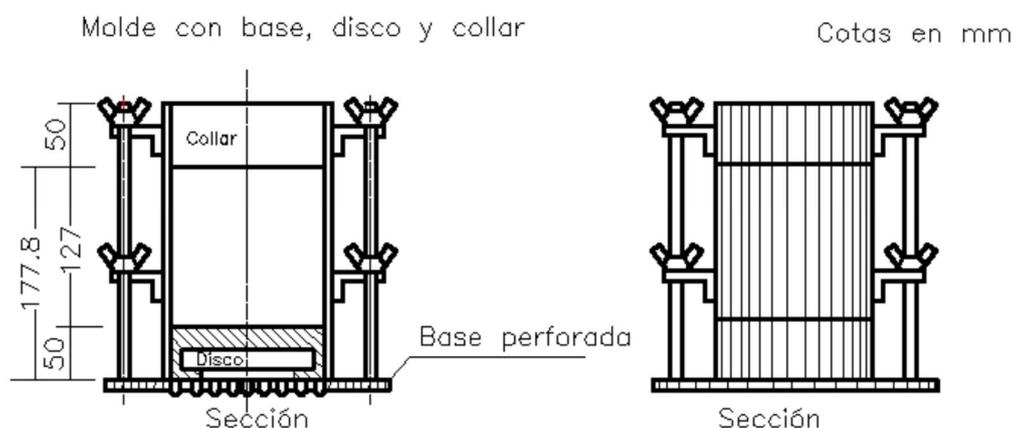
#### 3.4.2.4 Ensayo de Proctor Modificado

- Molde de 4 pulgadas
- Pisón de compactación. - El pisón debe caer libremente a una distancia de 18 pulg. de la superficie de espécimen.
- Balanzas. Con precisión de 0.01 g para muestras de menos de 200 g de 0.1 g para muestras de más de 200 g.
- Horno de secado. - Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Regla. - Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas.
- Tamiz N° 4 (4,75mm).
- Probeta
- Bandejas
- Herramientas de Mezcla. - tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula etc.

#### 3.4.2.5 Ensayo de CBR en laboratorio.

- Prensa utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen.
- Molde de metal cilíndrico de 6" de diámetro interior y de 7" de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50.8 mm (2.0") de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm (3/8") de espesor.

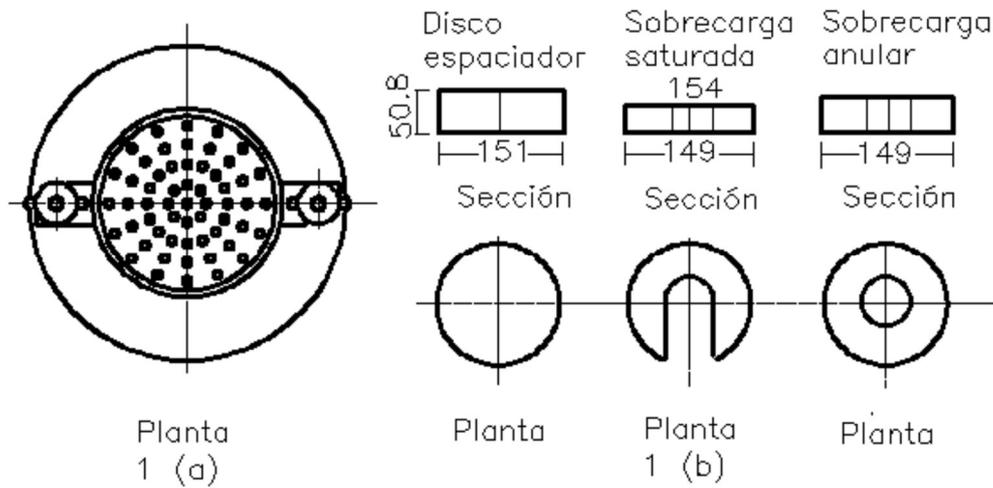
Figura 9: Molde de CBR



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

- Disco espaciador de metal de forma circular de 150.8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de 2.416" de espesor.

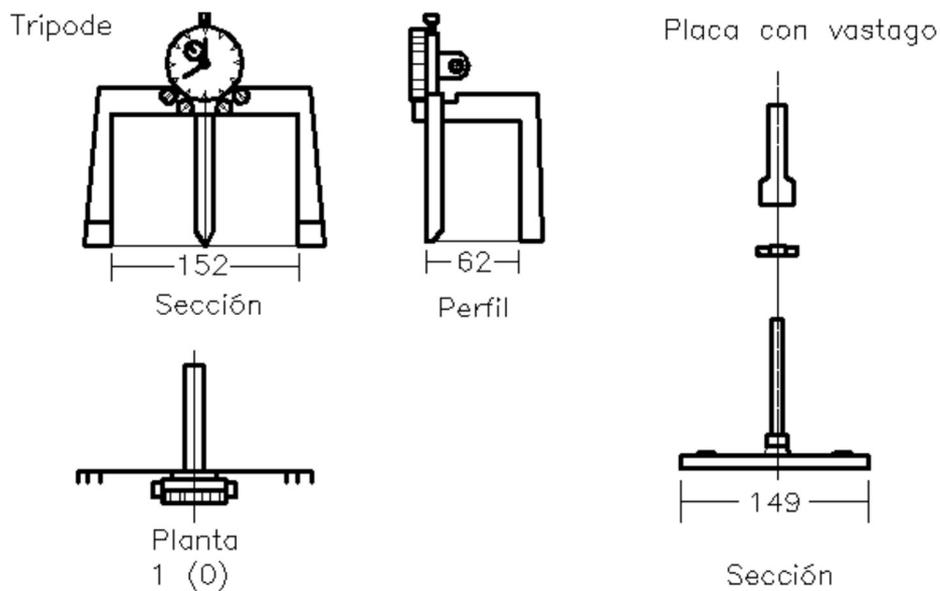
Figura 10: Disco espaciador y sobrecargas de CBR.



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

- Pisón de compactación
- Aparato medidor de expansión compuesto por: Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura.

Figura 11: Aparato medidor de expansión.



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)



- Pesas. - Una o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de 4.54 kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de 2.27 kg.
- Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de 1.954" de diámetro,
- Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
- Tanque. - con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- Horno de secado. - Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Balanzas. - una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0.1g, respectivamente.
- Tamices, de 4.76 mm (No. 4), 19.05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

### **3.5. Procedimientos de Recolección de Datos**

#### **3.5.1. Muestreo de Suelos**

##### a) Equipos

- Pico
- Pala
- Barreta
- Baldes
- Costales

##### b) Procedimiento

- Realizamos la ubicación de la vía designada para la investigación, esta se encuentra actualmente sometida a un tránsito bajo, debido al mal estado de la vía.



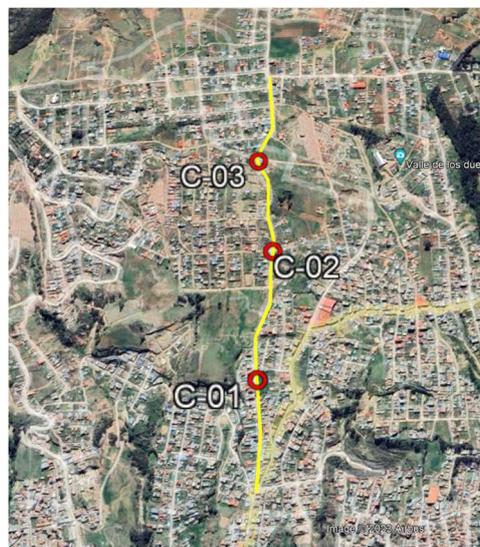
**Figura 12:** *Ubicación de la vía, A.P.V. Villa Unión, San Sebastián-Cusco*



Fuente: Google Earth

- Se procedió a identificar la vía de forma visual, de la cual se pudo notar que en casi la totalidad de la vía se presentaba un material arcilloso, por lo cual se seleccionó los lugares estratégicos para la toma de muestra de suelo mediante la excavación de calicatas (03).

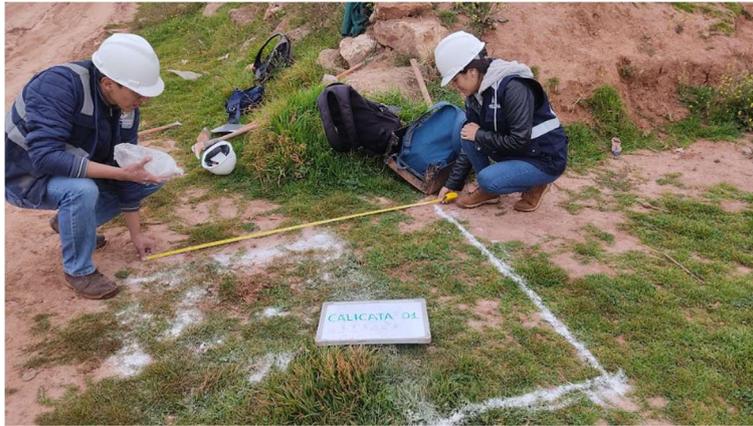
**Figura 13:** *Mapa de la ubicación de calicatas para exploración de suelos*



Fuente: Google Earth



**Figura 14:** *Demarcación de la calicata 01*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 15:** *Demarcación de la calicata 02*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 16:** *Excavación y toma de muestra de la calicata 01*



Fuente: Elaboración propia



**Figura 17:** *Análisis estratigráfico de la calicata 02*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 18:** *Medida de profundidad de la calicata 03*



Fuente: Elaboración propia

- Se extrajo un aproximado de 500 kg del suelo, para poder utilizar en los ensayos necesarios para dicha investigación

**Figura 19:** *Material extraído de la calicata 01*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Perfil estratigráfico – Calicata 01

| Prof.  | ESC | SUCS  | FOTOGRAFIA | Simbologia SUCS | Descripcion SUCS                   | Observaciones   |
|--|-----|-------|------------|-----------------|------------------------------------|---|
| 0.10 m   |     | Pt    |            |                 | Turba y Suelos Altamente Organicos | <p><b>COTA</b></p> <p><b>TERRENO</b></p> <p>MATERIAL ALTAMENTE ORGANICO, CON PRESENCIA DE RAICES DE PLANTAS, ESTE MATERIAL DEBERA SER REMOVIDO, ELIMINDADO Y POSTERIORMENTE RELLENADO CON UN NUEVO MATERIAL DE CANTERA (LASTRE). LO SEÑALADO DEPENDERA DEL NIVEL O COTA DE SUBRASANTE</p> |
| 0.20 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.30 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.40 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.50 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.60 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.70 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.80 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.90 m   |     | CL-ML |            |                 | Arcilla limosa de baja plasticidad | <p>MATERIAL COHESIVO DE COLOR MARRON OSCURO CON PRESENCIA DE PEQUEÑAS LAMINACIONES DE ARENA DE COLOR GRIS OSCURO</p>  |
| 1.00 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.10 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.20 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.30 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.40 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.50 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.60 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| <p><b>NO SE DETECTO LA PRESENCIA DE NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION</b></p> |     |       |            |                 |                                    |   |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 13: Perfil estratigráfico – Calicata 02

| Prof.  | ESC | SUCS  | FOTOGRAFIA | Simbologia SUCS | Descripcion SUCS | Observaciones                      |   |
|--|-----|-------|------------|-----------------|------------------|------------------------------------|---|
| 0.10 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.20 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.30 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.40 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.50 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.60 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.70 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.80 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.90 m   |     | CI-MI |            |                 |                  | Arcilla limosa de baja plasticidad | MATERIAL COHESIVO DE COLOR MARRON OSCURO CON PRESENCIA DE PEQUEÑAS LAMINACIONES DE ARENA DE COLOR GRIS OSCURO |
| 1.00 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.10 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.20 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.30 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.40 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.50 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.60 m   |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| NO SE DETECTO LA PRESENCIA DE NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION |     |       |            |                 |                  |                                    |   |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Perfil estratigráfico – Calicata 03

| Prof.  | ESC | SUCS  | FOTOGRAFIA | Simbología SUCS | Descripcion SUCS                   | Observaciones   |
|--|-----|-------|------------|-----------------|------------------------------------|---|
| 0.10 m   |     | Pt    |            |                 | Turba y Suelos Altamente Organicos | MATERIAL ALTAMENTE ORGANICO, CON PRESENCIA DE RAICES DE PLANTAS, ESTE MATERIAL DEBERA SER REMOVIDO, ELIMINDADO Y POSTERIORMENTE RELLENADO CON UN NUEVO MATERIAL DE CANTERA (LASTRE). LO SEÑALADO DEPENDERA DEL NIVEL O COTA DE SUBRASANTE |
| 0.20 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.30 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.40 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.50 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.60 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.70 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.80 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 0.90 m   |     | CL-ML |            |                 | Arcilla limosa de baja plasticidad | MATERIAL COHESIVO DE COLOR MARRON OSCURO CON PRESENCIA DE PEQUEÑAS LAMINACIONES DE ARENA DE COLOR GRIS OSCURO   |
| 1.00 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.10 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.20 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.30 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.40 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.50 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| 1.60 m   |     |       |            |                 |                                    |   |
| NO SE DETECTO LA PRESENCIA DE NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION |     |       |            |                 |                                    |   |

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2. Obtención de mucilago de sábila

#### a) Equipo

- Balde de 20L.
- Licuadora
- Cuchillo



b) Procedimiento

- Se obtiene la cantidad necesaria de sábila y se comienza con el pelado para obtener únicamente los cristales de pulpa de la sábila.

**Figura 20:** *Pelado de la sábila*



Fuente: Elaboración propia

- Al obtener toda la sábila pelada se procederá con el licuado del mismo para poder obtener una sustancia líquida.

**Figura 21:** *Sábila pelada lista para el licuado*



Fuente: Elaboración propia



Figura 22: *Licuada de la sábila*



Fuente: Elaboración propia

Figura 23: *Almacenamiento de sábila en un balde de 20 l*



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3. Obtención del aceite quemado de motor

#### a) Equipo

- Balde de 4L.

#### b) Procedimiento

- Se obtuvo el aceite quemado de motor de un lubricentro.



**Figura 24:** *Obtención de aceite quemado de motor*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 25:** *Almacenamiento del aceite quemado de motor*



Fuente: Elaboración propia



### 3.5.4. Ensayo de Contenido de Humedad (MTC E 108)

#### a) Equipos

- Balanza de precisión.
- Recipientes.
- Horno de secado a temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Cucharones

#### b) Procedimiento

- Se seleccionó la muestra representativa del suelo de las calicatas 01, 02, 03 respectivamente.
- Se registraron los pesos de los recipientes limpios en la balanza
- Se colocaron las muestras representativas en los recipientes para luego pesarse y anotarse.
- Se colocaron las muestras en el horno por 12 horas a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Después de que el material haya secado, se procedió a pesar las muestras y anotar los datos obtenidos.

**Figura 26:** *Ensayo de contenido de humedad*



Fuente: Elaboración propia



c) Toma de datos

**Tabla 15:** Toma de datos: Contenido de Humedad – Calicata 01.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Contenido de Humedad   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 108 Determinación de contenido de humedad de un suelo      |
| <b>Fecha</b>       | 20/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-01  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0%    |
| <b>SABILA</b>   | 0%    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)**

|                              | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | PROMEDIO |
|------------------------------|------------|------------|------------|----------|
| PESO DE CAPSULA              | 22.15      | 21.77      | 21.62      |          |
| PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO  | 96.90      | 101.71     | 94.98      |          |
| PESO CAPS + MATERIAL SECO    | 92.12      | 97.00      | 90.00      |          |
| PESO DEL AGUA                |            |            |            |          |
| PESO DEL SUELO SECO          |            |            |            |          |
| <b>CONTENIDO DE AGUA (%)</b> |            |            |            |          |

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 16: Toma de datos: Contenido de Humedad – Calicata 02.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| “INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO” |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Contenido de Humedad   |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 108 Determinación de contenido de humedad de un suelo  |  |
| <b>Fecha</b>   | 20/05/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |      |
|-----------------|------|
| <b>CALICATA</b> | C-02 |
| <b>SUCS</b>     |      |
| <b>ACEITE</b>   | 0%   |
| <b>SABILA</b>   | 0%   |

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)**

|                             | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | PROMEDIO |
|-----------------------------|------------|------------|------------|----------|
| PESO DE CAPSULA             | 27.90      | 29.42      | 29.42      |          |
| PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO | 122.92     | 115.33     | 125.12     |          |
| PESO CAPS + MATERIAL SECO   | 117.93     | 111.03     | 120.14     |          |
| PESO DEL AGUA               |            |            |            |          |
| PESO DEL SUELO SECO         |            |            |            |          |
| CONTENIDO DE AGUA (%)       |            |            |            |          |

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 17: Toma de datos: Contenido de Humedad – Calicata 03.



“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Contenido de Humedad   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 108 Determinación de contenido de humedad de un suelo      |
| <b>Fecha:</b>      | 20/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-03  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0%    |
| <b>SABILA</b>   | 0%    |

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)

|                             | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | PROMEDIO |
|-----------------------------|------------|------------|------------|----------|
| PESO DE CAPSULA             | 27.50      | 28.84      | 28.40      |          |
| PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO | 117.03     | 120.50     | 128.23     |          |
| PESO CAPS + MATERIAL SECO   | 112.15     | 115.37     | 123.00     |          |
| PESO DEL AGUA               |            |            |            |          |
| PESO DEL SUELO SECO         |            |            |            |          |
| CONTENIDO DE AGUA (%)       |            |            |            |          |

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA =

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.5. Ensayo De Análisis Granulométrico De Suelos Por Tamizado NTP 339.128 (MTC E 107-101)

a) Equipos

- Balanza de precisión.
- Serie de tamices finos N°4, N°10, N°40, N°200.
- Bandejas
- Cucharones
- Brocha

b) Procedimiento

- Se realizó el cuarteo de la muestra de suelo natural de cada calicata según MTC E101 para luego colocarlo al horno por 24 horas a 110 +5°C.

**Figura 27:** Procedimiento de cuarteo del suelo



Fuente: Elaboración propia

**Figura 28:** Muestra representativa del suelo



Fuente: Elaboración propia

- Después de que la muestra está a temperatura ambiente, se determinó la cantidad de muestra necesaria para ensayar aproximadamente 500 gr.
- Posterior a ello se realizó el lavado de la muestra utilizando el tamiz N° 200 hasta eliminar las partículas finas.



**Figura 29:** *Lavado de la muestra*



Fuente: Elaboración propia

- Se colocó en el horno el material ya lavado por 24 horas
- Se realizó el tamizado respectivo de forma manual con los tamices adecuados teniendo en cuenta el orden de los tamices.
- Finalmente se registran los pesos del material retenido en cada tamiz.

**Figura 30:** *Ensayo de granulometría del suelo*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 31:** *Granulometría del suelo de la calicata 01*



Fuente: Elaboración propia



c) Toma de datos

Tabla 18: Toma de datos: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado – Calicata 01.

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> |  |
|--|---|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Granulometria de suelos finos                                    |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 107 Analisis Granulometrico de Suelos por Tamizado         |
| <b>Fecha</b>       | 21/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                        |                 |       |                             |
|------------------------|-----------------|-------|-----------------------------|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | <b>CALICATA</b> | C-01  |                             |
| <b>X</b>               | <b>SUCS</b>     | CL-ML | PESO SECO ANTES DE LAVADO   |
| 183045                 | <b>ACEITE</b>   | 0.00% | 264.37 g                    |
| <b>Y</b>               | <b>SABILA</b>   | 0.00% | PESO SECO DESPUES DE LAVADO |
| 8503356                |                 |       | 29.68 g                     |
|                        |                 |       | PERDIDA EN PESO             |
|                        |                 |       | 234.69 g                    |

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200**

**EG2013 - CARRETERAS**

| Tamiz N°   | Diam.(mm) | Peso retenido | % retenido | % retenido acumulado | % que pasa | Limite Superior | Limite Inferior | Cumple?? |
|------------|-----------|---------------|------------|----------------------|------------|-----------------|-----------------|----------|
| 3 pulg     | 75        | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 2 pulg     | 50        | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 1 1/2 pulg | 38.1      | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 1 pulg     | 25.4      | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 3/4 pulg   | 19        | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 1/2 pulg   | 12.5      | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 3/8 pulg   | 9.5       | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| N° 4       | 4.750     | 1.17          |            |                      |            |                 |                 |          |
| N° 10      | 2.000     | 2.14          |            |                      |            |                 |                 |          |
| N° 40      | 0.426     | 9.31          |            |                      |            |                 |                 |          |
| N° 200     | 0.075     | 9.56          |            |                      |            |                 |                 |          |
| bandeja    | 0.010     | 242.11        |            |                      |            |                 |                 |          |
| TOTAL      |           | 264.29        |            |                      |            |                 |                 |          |

|                     |   |         |
|---------------------|---|---------|
| % de gruesos= 0.00% | % de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= | (Grava) |
| % de finos= 0.00%   | % de la fraccion gruesa pasa la malla N 4=        | (Arena) |
| % de grava= 0.00%   |   |         |
| % de arena= 0.00%   |   |         |

**METODO DE COMPACTACION**  

|   |     |
|---|-----|
| D60= <span style="background-color: #f4a460; display: inline-block; width: 30px; height: 15px;"></span> | Cu= |
| D30= <span style="background-color: #f4a460; display: inline-block; width: 30px; height: 15px;"></span> | Cc= |
| D10= <span style="background-color: #f4a460; display: inline-block; width: 30px; height: 15px;"></span> |     |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 19: Toma de datos: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado – Calicata 02.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% , 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"**

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Granulometría de suelos finos                                    |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 107 Analisis Granulometrico de Suelos por Tamizado         |
| <b>Fecha</b>       | 21/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                        |                      |  |  |
|------------------------|----------------------|--|--|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | <b>CALICATA</b> C-02 | <b>PESO SECO ANTES DE LAVADO</b> 279.00 g  |  |
| <b>X</b>               | <b>SUCS</b>          | <b>PESO SECO DESPUES DE LAVADO</b> 29.68 g |  |
| 182971                 | <b>ACEITE</b> 0.00%  | <b>PERDIDA EN PESO</b> 249.32 g            |  |
| <b>Y</b>               | <b>SABILA</b> 0.00%  |  |  |
| 8503378                |                      |  |  |

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200**

**EG2013 - CARRETERAS**

| Tamiz N°     | Diam.(mm) | Peso retenido | % retenido | % retenido acumulado | % que pasa | Limite Superior | Limite Inferior | Cumple?? |
|--------------|-----------|---------------|------------|----------------------|------------|-----------------|-----------------|----------|
| 3 pulg       | 75        | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 2 pulg       | 50        | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 1 1/2 pulg   | 38.1      | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 1 pulg       | 25.4      | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 3/4 pulg     | 19        | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 1/2 pulg     | 12.5      | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| 3/8 pulg     | 9.5       | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| N° 4         | 4.750     | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| N° 10        | 2.000     | 0.00          |            |                      |            |                 |                 |          |
| N° 40        | 0.426     | 8.52          |            |                      |            |                 |                 |          |
| N° 200       | 0.075     | 12.56         |            |                      |            |                 |                 |          |
| bandeja      | 0.010     | 320.15        |            |                      |            |                 |                 |          |
| <b>TOTAL</b> |           | 341.23        |            |                      |            |                 |                 |          |

% de gruesos=  
% de finos=  
% de grava=  
% de arena=

% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4=  
% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4=

(Grava)  
(Arena)

**METODO DE COMPACTACION**

D60=  
D30=  
D10=

Cu=  
Cc=

Fuente: Elaboración propia



Tabla 20: Toma de datos: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado – Calicata 03.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Granulometría de suelos finos                                    |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 107 Analisis Granulometrico de Suelos por Tamizado         |
| <b>Fecha:</b>      | 22/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                        |                 |       |                                    |          |
|------------------------|-----------------|-------|------------------------------------|----------|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | <b>CALICATA</b> | C-03  | <b>PESO SECO ANTES DE LAVADO</b>   | 289.00 g |
| <b>X</b>               | <b>SUCS</b>     | CL-ML | <b>PESO SECO DESPUES DE LAVADO</b> | 32.23 g  |
| 182898                 | <b>ACEITE</b>   | 0.00% | <b>PERDIDA EN PESO</b>             | 256.77 g |
| <b>Y</b>               | <b>SABILA</b>   | 0.00% |                                    |          |
| 8503402                |                 |       |                                    |          |

| ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200 |           |               |           |                      |           | EG2013 - CARRETERAS |                 |           |
|--|-----------|---------------|-----------|----------------------|-----------|---------------------|-----------------|-----------|
| Tamiz N°   | Diam.(mm) | Peso retenido | %retenido | % retenido acumulado | %que pasa | Limite Superior     | Limite Inferior | Cumple ?? |
| 3 pulg   | 75        | 0.00          |           |                      |           |                     |                 |           |
| 2 pulg   | 50        | 0.00          |           |                      |           |                     |                 |           |
| 1 1/2 pulg   | 38.1      | 0.00          |           |                      |           |                     |                 |           |
| 1 pulg   | 25.4      | 0.00          |           |                      |           |                     |                 |           |
| 3/4 pulg   | 19        | 0.00          |           |                      |           |                     |                 |           |
| 1/2 pulg   | 12.5      | 0.00          |           |                      |           |                     |                 |           |
| 3/8 pulg   | 9.5       | 0.00          |           |                      |           |                     |                 |           |
| N° 4   | 4.750     | 10.33         |           |                      |           |                     |                 |           |
| N° 10  | 2.000     | 8.45          |           |                      |           |                     |                 |           |
| N° 40  | 0.426     | 9.44          |           |                      |           |                     |                 |           |
| N° 200   | 0.075     | 12.23         |           |                      |           |                     |                 |           |
| bandeja  | 0.010     | 463.33        |           |                      |           |                     |                 |           |
| <b>TOTAL</b>   |           | 503.78        |           |                      |           |                     |                 |           |

|                     |   |         |
|---------------------|---|---------|
| % de gruesos= 0.00% | % de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= | (Grava) |
| % de finos= 0.00%   | % de la fraccion gruesa pasa la malla N 4=        | (Arena) |
| % de grava= 0.00%   |   |         |
| % de arena= 0.00%   |   |         |

**METODO DE COMPACTACION**  

|   |     |
|---|-----|
| D60= <span style="background-color: #800000; color: white; padding: 2px 10px;"> </span> | Cu= |
| D30= <span style="background-color: #800000; color: white; padding: 2px 10px;"> </span> | Cc= |
| D10= <span style="background-color: #800000; color: white; padding: 2px 10px;"> </span> |     |

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.6. Ensayo de límite líquido (MTC E 110)

#### a) Equipos

- Cuchara de Casagrande
- Acanalador
- Balanza de precisión



- Taras
- Espátula
- Paño húmedo
- Pipeta con agua destilada
- Tamiz N°40
- Vidrio esmerilado para rodadura

b) Procedimiento

- Se obtuvo una muestra representativa de aproximadamente 200 gramos, la cual pasó por el tamiz N°40.

**Figura 32:** *Muestra representativa pasante tamiz N°40*



Fuente: Elaboración propia

- Colocamos la muestra de suelo en un recipiente añadiendo cierta cantidad de agua destilada, para luego amasarla y tajarla con espátula de forma alternada y repetitiva hasta obtener una pasta homogénea. En los ensayos que se realizan añadiendo mucílago de sábila y aceite quemado de motor, reemplazamos el agua por las mezclas realizadas con las 3 dosificaciones como se muestran en las tablas.



**Tabla 21:** *Toma de datos: Proporción de la dosificación 1.*

| <b>DOSIFICACIÓN 1</b> |                         |                |
|-----------------------|-------------------------|----------------|
| <b>100.00%</b>        | <b>TOTAL</b>            | <b>1000 ml</b> |
| 8.00%                 | Aceite quemado de motor | 80 ml          |
| 25.00%                | Mucílago de sábila      | 250 ml         |
| 67.00%                | Agua                    | 670 ml         |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22:** *Toma de datos: Proporción de la dosificación 2.*

| <b>DOSIFICACIÓN 2</b> |                         |                |
|-----------------------|-------------------------|----------------|
| <b>100.00%</b>        | <b>TOTAL</b>            | <b>1000 ml</b> |
| 8.00%                 | Aceite quemado de motor | 80 ml          |
| 50.00%                | Mucílago de sábila      | 500 ml         |
| 42.00%                | Agua                    | 420 ml         |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23:** *Toma de datos: Proporción de la dosificación 3.*

| <b>DOSIFICACIÓN 3</b> |                         |                |
|-----------------------|-------------------------|----------------|
| <b>100.00%</b>        | <b>TOTAL</b>            | <b>1000 ml</b> |
| 8.00%                 | Aceite quemado de motor | 80 ml          |
| 75.00%                | Mucílago de sábila      | 750 ml         |
| 17.00%                | Agua                    | 170 ml         |

Fuente: Elaboración propia



**Figura 33:** Adición de agua a la mezcla



Fuente: Elaboración propia

- Se procedió a colocar una porción del material preparado en la cuchara de Casagrande, extendiéndolo con ayuda de la espátula y evitando las burbujas de aire.
- Se niveló el suelo con la espátula emparejándolo hasta conseguir una superficie pareja con una profundidad máxima de 1 cm.
- Seguidamente se procedió a dividir la masa de suelo con ayuda del acanalador a lo largo del diámetro de la cuchara, hasta que se logró separar totalmente las dos partes.

**Figura 34:** División de la masa con el acanalador



Fuente: Elaboración propia



**Figura 35:** *Muestra ranurada*



Fuente: Elaboración propia

- Giramos la manija de la cuchara de Casagrande a una velocidad constante, hasta lograr que las dos mitades se junten en una longitud de 1/2" a lo largo de la ranura, anotando los golpes que fueron necesarios para lograr este objetivo.

**Figura 36:** *Manipulación de la Cuchara de Casagrande*

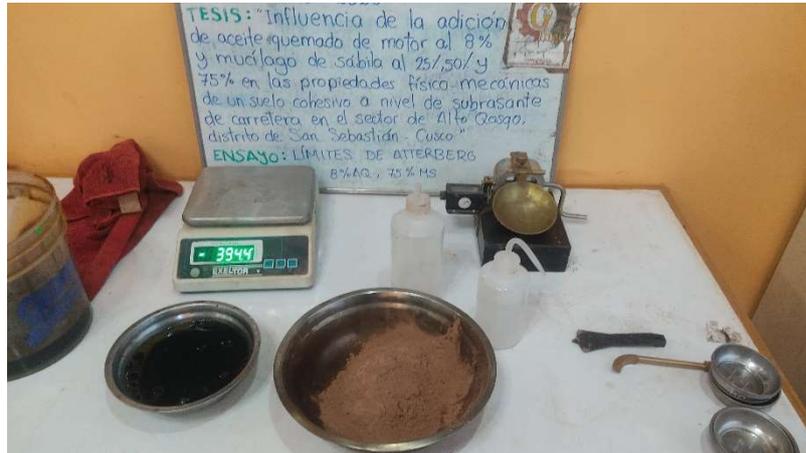


Fuente: Elaboración propia



- Se realizó una división de manera que recojamos parte del suelo de ambas mitades que contiene la cuchara de Casagrande.
- Finalmente colocamos la parte de la muestra obtenida en recipientes, registramos el peso, lo colocamos en el horno a temperatura constante y registramos el peso final.

Figura 37: Ensayo de límite líquido con la dosificación 3



Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 24: Toma de datos: Límite Líquido – Calicata 01.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Límite líquido   |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido   |  |
| <b>Fecha:</b>  | 23/05/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-01  |
| <b>SUCS</b>     |       |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

LÍMITE LÍQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| Nº de lata                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| peso de suelo húmedo + lata(gr) | 39.15 | 44.22 | 55.31 | 49.75 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.08 | 39.81 | 48.00 | 43.40 |
| peso de lata(gr)                | 21.94 | 21.47 | 21.93 | 22.05 |
| peso de suelo seco(gr)          |       |       |       |       |
| peso de suelo húmedo(gr)        |       |       |       |       |
| peso de agua(gr)                |       |       |       |       |
| contenido de humedad            |       |       |       |       |
| Numero de golpes:N              | 32    | 25    | 15    | 12    |
| LL aproximado                   |       |       |       |       |



Fuente: Elaboración propia



Tabla 25: Toma de datos: Límite Líquido – Calicata 02.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Límite líquido   |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido   |  |
| <b>Fecha</b>   | 23/05/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02  |
|-----------------|---------|----------|-------|
| X               | Y       | SUCS     |       |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 0.00% |
|                 |         | SABILA   | 0.00% |

LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| N° de lata                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 89.30 | 99.24 | 93.90 | 99.26 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 76.58 | 83.29 | 77.29 | 79.24 |
| peso de lata(gr)                | 13.43 | 13.54 | 13.53 | 13.55 |
| peso de suelo seco(gr)          |       |       |       |       |
| peso de suelo humedo(gr)        |       |       |       |       |
| peso de agua(gr)                |       |       |       |       |
| contenido de humedad            |       |       |       |       |
| Numero de golpes;N              | 35    | 30    | 16    | 10    |
| LL aproximado                   |       |       |       |       |



Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Toma de datos: Límite Líquido – Calicata 03.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Límite líquido   |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido   |  |
| <b>Fecha</b>   | 26/05/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-03  |
|-----------------|---------|----------|-------|
| X               | Y       | SUCS     |       |
| 182898          | 8503402 | ACEITE   | 0.00% |
|                 |         | SABILA   | 0.00% |

LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| N° de lata                      | 1     | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 98.28 | 100.61 | 102.12 | 102.32 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 85.20 | 86.06  | 84.42  | 83.24  |
| peso de lata(gr)                | 13.45 | 13.55  | 13.44  | 13.53  |
| peso de suelo seco(gr)          |       |        |        |        |
| peso de suelo humedo(gr)        |       |        |        |        |
| peso de agua(gr)                |       |        |        |        |
| contenido de humedad            |       |        |        |        |
| Numero de golpes;N              | 36    | 31     | 15     | 11     |
| LL aproximado                   |       |        |        |        |



Fuente: Elaboración propia



Tabla 27: Toma de datos: Limite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Limite Líquido   |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 110 Determinación del Limite Líquido   |  |
| <b>Fecha:</b>  | 09/06/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 25.00% |

LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| Nº de lata                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.88 | 42.16 | 46.45 | 51.77 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.14 | 38.51 | 41.70 | 45.71 |
| peso de lata(gr)                | 22.96 | 22.68 | 22.68 | 23.47 |
| peso de suelo seco(gr)          |       |       |       |       |
| peso de suelo humedo(gr)        |       |       |       |       |
| peso de agua(gr)                |       |       |       |       |
| contenido de humedad            |       |       |       |       |
| Numero de golpes;N              | 39    | 25    | 21    | 16    |
| LL aproximado                   |       |       |       |       |



Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Toma de datos: Limite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Limite Líquido   |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 110 Determinación del Limite Líquido   |  |
| <b>Fecha:</b>  | 09/06/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | CL-ML  |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 25.00% |

LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| Nº de lata                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.32 | 41.02 | 47.61 | 49.14 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.90 | 37.74 | 42.75 | 43.40 |
| peso de lata(gr)                | 22.77 | 23.41 | 22.27 | 21.75 |
| peso de suelo seco(gr)          |       |       |       |       |
| peso de suelo humedo(gr)        |       |       |       |       |
| peso de agua(gr)                |       |       |       |       |
| contenido de humedad            |       |       |       |       |
| Numero de golpes;N              | 39    | 25    | 21    | 13    |
| LL aproximado                   |       |       |       |       |



Fuente: Elaboración propia



Tabla 29: Toma de datos: Limite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|  |                              |  |
|--|------------------------------|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Limite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Limite Líquido                       |
| <b>Fecha:</b>      | 10/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     |        |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.80 | 41.30 | 46.99 | 52.11 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.00 | 37.90 | 42.22 | 45.55 |
| peso de lata(gr)                | 22.33 | 23.34 | 23.47 | 23.47 |
| peso de suelo seco(gr)          |       |       |       |       |
| peso de suelo humedo(gr)        |       |       |       |       |
| peso de agua(gr)                |       |       |       |       |
| contenido de humedad            |       |       |       |       |
| Numero de golpes;N              | 38    | 25    | 20    | 13    |
| LL aproximado                   |       |       |       |       |



Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Toma de datos: Limite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 – ensayo 1

|  |                              |  |
|--|------------------------------|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Limite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Limite Líquido                       |
| <b>Fecha:</b>      | 28/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     |        |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.64 | 42.04 | 47.75 | 48.58 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.04 | 38.43 | 42.52 | 42.85 |
| peso de lata(gr)                | 21.74 | 22.59 | 21.77 | 22    |
| peso de suelo seco(gr)          |       |       |       |       |
| peso de suelo humedo(gr)        |       |       |       |       |
| peso de agua(gr)                |       |       |       |       |
| contenido de humedad            |       |       |       |       |
| Numero de golpes;N              | 36    | 27    | 19    | 16    |
| LL aproximado                   |       |       |       |       |



Fuente: Elaboración propia



Tabla 31: Toma de datos: Limite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|   |                              |  |
|---|------------------------------|--|
|   | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA   |                              |  |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Limite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Limite Líquido                       |
| <b>Fecha:</b>      | 28/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 50.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.37 | 42.64 | 47.86 | 49.98 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.89 | 38.90 | 42.65 | 43.88 |
| peso de lata(gr)                | 23.26 | 22.4  | 22.12 | 21.89 |
| peso de suelo seco(gr)          |       |       |       |       |
| peso de suelo humedo(gr)        |       |       |       |       |
| peso de agua(gr)                |       |       |       |       |
| contenido de humedad            |       |       |       |       |
| Numero de golpes;N              | 37    | 26    | 20    | 15    |
| LL aproximado                   |       |       |       |       |



Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Toma de datos: Limite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|   |                              |  |
|---|------------------------------|--|
|   | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA   |                              |  |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Limite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Limite Líquido                       |
| <b>Fecha:</b>      | 01/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 50.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.13 | 42.41 | 44.97 | 50.03 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.88 | 38.85 | 40.75 | 44.00 |
| peso de lata(gr)                | 23.06 | 23.22 | 23.11 | 22.25 |
| peso de suelo seco(gr)          |       |       |       |       |
| peso de suelo humedo(gr)        |       |       |       |       |
| peso de agua(gr)                |       |       |       |       |
| contenido de humedad            |       |       |       |       |
| Numero de golpes;N              | 36    | 26    | 19    | 15    |
| LL aproximado                   |       |       |       |       |



Fuente: Elaboración propia



Tabla 33: Toma de datos: Limite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO            |  |
|  | FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA   |  |
|  | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Limite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Limite Líquido                       |
| <b>Fecha:</b>      | 12/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 75.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 51.10 | 48.30 | 39.70 | 39.80 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 45.78 | 43.05 | 35.75 | 35.52 |
| peso de lata(gr)                | 21.9  | 22.1  | 22.1  | 21.9  |
| peso de suelo seco(gr)          |       |       |       |       |
| peso de suelo humedo(gr)        |       |       |       |       |
| peso de agua(gr)                |       |       |       |       |
| contenido de humedad            |       |       |       |       |
| Numero de golpes:N              | 39    | 28    | 21    | 14    |
| LL aproximado                   |       |       |       |       |



Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Toma de datos: Limite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO            |  |
|  | FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA   |  |
|  | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Limite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Limite Líquido                       |
| <b>Fecha:</b>      | 12/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 75.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.27 | 42.10 | 47.11 | 52.59 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.80 | 38.62 | 42.25 | 46.20 |
| peso de lata(gr)                | 21.75 | 22.22 | 22.15 | 21.59 |
| peso de suelo seco(gr)          |       |       |       |       |
| peso de suelo humedo(gr)        |       |       |       |       |
| peso de agua(gr)                |       |       |       |       |
| contenido de humedad            |       |       |       |       |
| Numero de golpes:N              | 39    | 26    | 19    | 13    |
| LL aproximado                   |       |       |       |       |



Fuente: Elaboración propia



**Tabla 35:** Toma de datos: *Limite Líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3*

|  |   |   |
|--|---|---|
|   | <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> |  |
| <p><b>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"</b></p> |   |   |
| <b>Ensayo:</b>   | Limite Líquido  |   |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 110 Determinación del Limite Líquido  |   |
| <b>Fecha:</b>  | 12/07/23  |   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez  |   |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 75.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| N° de lata                      | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 39.00 | 41.23 | 45.73 | 48.22 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.35 | 37.88 | 41.00 | 42.75 |
| peso de lata(gr)                | 21.78 | 23.19 | 22.31 | 22.66 |
| peso de suelo seco(gr)          |       |       |       |       |
| peso de suelo humedo(gr)        |       |       |       |       |
| peso de agua(gr)                |       |       |       |       |
| contenido de humedad            |       |       |       |       |
| Numero de golpes:N              | 35    | 26    | 19    | 17    |
| LL aproximado                   |       |       |       |       |



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.7. Ensayo de límite plástico e índice de plasticidad (MTC E 111)

#### a) Equipos

- Espátula
- Recipiente
- Balanza de precisión.
- Horno de secado, capaz de mantener una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Placa de vidrio esmerilado
- Varilla de 3mm de diámetro
- Recipientes o taras para almacenar y secar material.

#### b) Procedimiento

- Se seleccionó una porción de 20 gramos de la muestra que se preparó previamente para la determinación del límite líquido, verificando que la muestra no esté demasiado pastosa, añadiendo agua destilada de ser necesaria y de igual forma en el caso de las dosificaciones, añadiendo la mezcla previa que ya teníamos de manera cuidadosa y mezclando constantemente para evitar que el mucílago de sábila se asiente.



**Figura 38:** *Preparación de la muestra con adición de agua*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 39:** *Preparación de la muestra con adición de mucílago y aceite*



Fuente: Elaboración propia

- Con ayuda de nuestra mano, se moldearon cilindros con la masa preparada previamente sobre una superficie totalmente horizontal como la placa de vidrio esmerilado hasta lograr un cilindro de aproximadamente 3.2mm sin que el cilindro presente agrietamientos predominantes o se desmorone, el cual se verifica con ayuda de una varilla metálica del mismo diámetro.



**Figura 40:** *Elaboración de cilindros para límite plástico*



Fuente: Elaboración propia

- Se repitió lo descrito anteriormente en varias oportunidades y colocamos los cilindros en recipientes para posteriormente pesarlos.
- Finalmente llevamos las muestras al horno a temperatura constante y pasadas 24 horas, registramos los pesos de las muestras más el recipiente.

c) Toma de datos



Tabla 36: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 01.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Límite Plástico  |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad  |  |
| <b>Fecha:</b>  | 23/05/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-01  |
|-----------------|---------|----------|-------|
| X               | Y       | SUCS     |       |
| 183045          | 8503356 | ACEITE   | 0.00% |
|                 |         | SABILA   | 0.00% |

LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 24.99 | 24.22 | 24.61 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 24.52 | 23.80 | 24.20 |          |
| peso de lata(gr)              | 21.78 | 21.59 | 22.06 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo humedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 02.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Límite Plástico  |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad  |  |
| <b>Fecha:</b>  | 23/05/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02  |
|-----------------|---------|----------|-------|
| X               | Y       | SUCS     |       |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 0.00% |
|                 |         | SABILA   | 0.00% |

LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.52 | 22.83 | 24.54 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 22.80 | 22.03 | 23.51 |          |
| peso de lata(gr)              | 18.15 | 17.99 | 17.95 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo humedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia



Tabla 38: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 03.

|   |   |
|---|---|
|  <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br/>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>  |   |
| <p>“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”</p>                             |   |
| <b>Ensayo:</b>  | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>  | 26/05/23  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-03  |
|-----------------|---------|----------|-------|
| X               | Y       | SUCS     |       |
| 182898          | 8503402 | ACEITE   | 0.00% |
|                 |         | SABILA   | 0.00% |

LIMITE PLÁSTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.13 | 22.70 | 24.20 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 22.46 | 22.08 | 23.26 |          |
| peso de lata(gr)              | 18.33 | 18.16 | 17.93 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo humedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|   |   |
|---|---|
|  <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br/>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>  |   |
| <p>“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”</p>                                 |   |
| <b>Ensayo:</b>  | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>  | 09/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 25.00% |

LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 24.01 | 23.77 | 23.74 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.79 | 23.60 | 23.42 |          |
| peso de lata(gr)              | 22.59 | 22.66 | 21.66 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo humedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia



**Tabla 40:** Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 09/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 25.00% |

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.67 | 24.03 | 23.97 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.44 | 23.74 | 23.73 |          |
| peso de lata(gr)              | 22.10 | 22.08 | 22.34 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo humedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41:** Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 10/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 25.00% |

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.21 | 23.29 | 24.36 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.12 | 23.13 | 23.97 |          |
| peso de lata(gr)              | 22.64 | 22.28 | 21.83 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo humedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia



Tabla 42: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha:</b>      | 28/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 50.00% |

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.42 | 23.52 | 23.31 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.12 | 23.37 | 23.14 |          |
| peso de lata(gr)              | 21.43 | 22.53 | 22.18 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo humedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha:</b>      | 28/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 50.00% |

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.11 | 23.29 | 23.71 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.01 | 23.06 | 23.42 |          |
| peso de lata(gr)              | 22.50 | 21.81 | 21.92 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo humedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia



Tabla 44: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 01/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 50.00% |

**LÍMITE PLÁSTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.41 | 23.25 | 23.48 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.15 | 23.06 | 23.22 |          |
| peso de lata(gr)              | 21.63 | 21.95 | 21.75 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo húmedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 14/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 75.00% |

**LÍMITE PLÁSTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 18.40 | 26.20 | 23.10 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 18.20 | 25.92 | 22.88 |          |
| peso de lata(gr)              | 17.30 | 24.70 | 21.90 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo húmedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia



Tabla 46: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 14/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 75.00% |

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.72 | 23.82 | 23.14 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.49 | 23.49 | 23.04 |          |
| peso de lata(gr)              | 22.17 | 21.63 | 22.46 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo humedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Toma de datos: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 14/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     |        |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 75.00% |

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1     | 2     | 3     | PROMEDIO |
|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.88 | 23.09 | 24.26 |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.68 | 23.01 | 24.00 |          |
| peso de lata(gr)              | 22.56 | 22.59 | 22.57 |          |
| peso de suelo seco(gr)        |       |       |       |          |
| peso de suelo humedo(gr)      |       |       |       |          |
| peso de agua(gr)              |       |       |       |          |
| contenido de humedad          |       |       |       |          |



Fuente: Elaboración propia



### 3.5.8. Ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115)

#### a) Equipos

- Molde de 4" (101.6mm.) de diámetro
- Pisón de compactación
- Balanza de precisión.
- Horno de secado, capaz de mantener una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Regla metálica
- Tamiz N°4 y fondo
- Estufa
- Bandejas para almacenar material
- Recipientes
- Espátulas
- Cucharones

#### b) Procedimiento

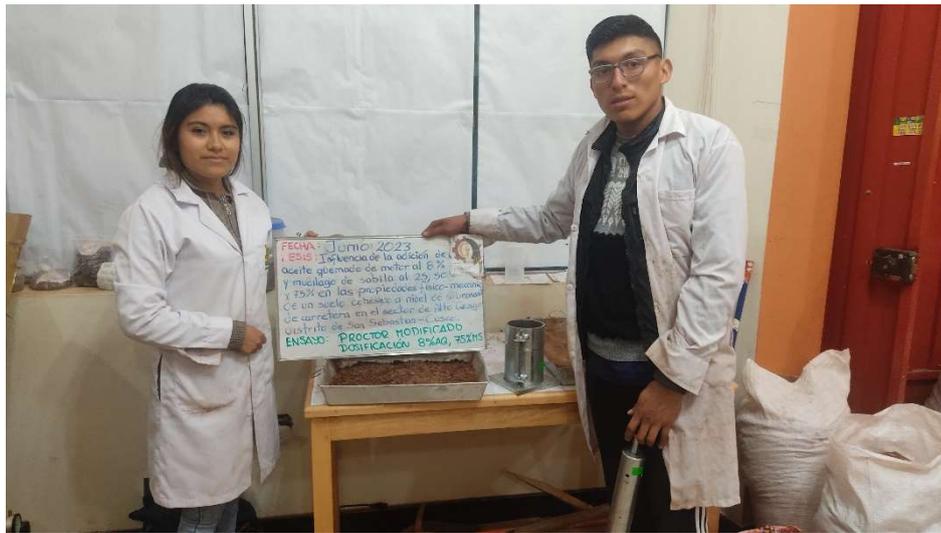
- Primeramente, determinamos el método a emplear, en este caso se utilizó el Método A debido a que el material quedó retenido a partir del tamiz N°4.

##### METODO "A"

- Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (N° 4).
- Número de capas: 5
- Golpes por capa: 25
- Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4).
- Registramos los datos del molde de 4", su diámetro, altura, volumen y peso respectivamente.
- Necesitamos aproximadamente 16 kg de suelo de cada calicata, secamos el material con ayuda de una estufa y posteriormente lo pasamos por el tamiz N°4.



Figura 41: Ensayo de Proctor modificado con la dosificación 3



Fuente: Elaboración propia

- Con el material seco preparamos 5 muestras de aproximadamente 4kg para cada una, posteriormente añadimos distintos contenidos de agua lo más próximos al contenido de humedad óptimo. Para las dosificaciones mezclamos de manera proporcional en un recipiente aparte aceite quemado de motor, mucílago de sábila y agua según corresponda.

Figura 42: Mezcla proporcional de la dosificación 2



Fuente: Elaboración propia



- Mezclamos la muestra con el respectivo porcentaje de agua o las distintas dosificaciones según sea el caso, y una vez se muestre uniforme procedemos a dividir la bandeja en 5 partes iguales con ayuda de la espátula.

**Figura 43:** Preparación de la muestra con la adición según dosificación 2



Fuente: Elaboración propia

- Colocamos la primera porción en el molde para la primera capa, lo extendemos y con ayuda del pisón aplicamos 25 golpes por cada capa hasta llegar a la 5ta capa.

**Figura 44:** Compactación del suelo – 5 capas



Fuente: Elaboración propia

- Luego de la compactación, retiramos el collarín y nivelamos la superficie con ayuda de



una regla o varilla metálica de manera que se tenga una superficie del todo plana.

**Figura 45:** *Nivelación de superficie del molde*



Fuente: Elaboración propia

- Pesamos el molde más la muestra húmeda incluyendo la placa de base.
- Finalmente retiramos el material del molde y tomamos muestras representativas de la parte superior e inferior del cilindro para poder obtener el contenido de humedad presente en la muestra.

c) Toma de datos



Tabla 48: Toma de datos: Proctor modificado - calicata 01.

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> |  |
|--|---|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>      | 27/05/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHMO= A-4 (0)

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-01  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

| METODO                     | A                     |
|----------------------------|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |
| Altura                     | 11.62cm               |
| Diametro                   | 10.16cm               |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| FECHA:                                | MUESTRA N°            |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| MOLDE N°                              | 1                     |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5152.0gr              |         | 5635.0gr |         | 5775.1gr |         | 5727.0gr |         | 5403.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup> |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|                                       | ARRIBA                | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                     | 2       | 3        | 4       | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 42.6gr                | 47.3gr  | 46.0gr   | 52.6gr  | 54.6gr   | 53.3gr  | 54.5gr   | 52.6gr  | 51.1gr   | 51.9gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 110.5gr               | 104.4gr | 100.6gr  | 103.6gr | 102.3gr  | 113.9gr | 122.6gr  | 103.9gr | 127.2gr  | 121.9gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 107.3gr               | 101.6gr | 96.5gr   | 99.9gr  | 98.0gr   | 108.8gr | 115.6gr  | 98.5gr  | 118.0gr  | 114.0gr |
| PESO DE AGUA                          |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |

DMS =

CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 49: Toma de datos: Proctor modificado - calicata 02.

|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> |  |
| <b>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"</b> |   |  |
| <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado  |  |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada   |  |
| <b>Fecha</b>  | 31/05/23  |  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez  |  |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHMO= A-4 (0)

| CALICATA | C-02  |
|----------|-------|
| SUCS     | 0     |
| ACEITE   | 0.00% |
| SABILA   | 0.00% |

| METODO                     |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |
| Altura                     | 11.62cm               |
| Diámetro                   | 10.16cm               |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz | N4                    |

**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)**

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°            |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                     |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA             |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5304.0gr              |         | 5715.0gr |         | 5775.6gr |         | 5659.0gr |         | 5286.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 942.07cm <sup>3</sup> |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
| 1                                     | 1                     | 2       | 3        | 4       | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 43.6gr                | 45.6gr  | 46.2gr   | 52.2gr  | 54.4gr   | 52.6gr  | 53.1gr   | 50.9gr  | 51.4gr   | 52.1gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 101.1gr               | 109.8gr | 109.0gr  | 101.5gr | 122.4gr  | 124.4gr | 114.3gr  | 116.3gr | 125.8gr  | 118.7gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 97.6gr                | 106.3gr | 104.3gr  | 97.4gr  | 115.9gr  | 118.3gr | 107.4gr  | 109.4gr | 116.4gr  | 110.6gr |
| PESO DE AGUA                          |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |

DMS =

CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 50: Toma de datos: Proctor modificado - calicata 03.

|   |   |                    |                    |   |              |          |                  |  |
|---|---|--------------------|--------------------|---|--------------|----------|------------------|--|
| <p style="margin: 0;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br/>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>  |   |                    |                    |   |              |          |                  |  |
| <p><b>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"</b></p>  |   |                    |                    |   |              |          |                  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>Ensayo:</b></td> <td>Proctor Modificado</td> </tr> <tr> <td><b>Referencia:</b></td> <td>MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada</td> </tr> <tr> <td><b>Fecha</b></td> <td>05/06/23</td> </tr> <tr> <td><b>Tesistas:</b></td> <td>-Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br/>-Eric Hammer Quecaño Lopez</td> </tr> </table> | <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado | <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada | <b>Fecha</b> | 05/06/23 | <b>Tesistas:</b> | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |
| <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado  |                    |                    |   |              |          |                  |  |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |                    |                    |   |              |          |                  |  |
| <b>Fecha</b>  | 05/06/23  |                    |                    |   |              |          |                  |  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |                    |                    |   |              |          |                  |  |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

| CALICATA |       |
|----------|-------|
| SUCS     | C-03  |
| ACEITE   | 0.00% |
| SABILA   | 0.00% |

| METODO                     | A                     |
|----------------------------|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |
| Altura                     | 11.62cm               |
| Diámetro                   | 10.16cm               |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| FECHA:                                |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|                                       | MUESTRA N°            |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| MOLDE N°                              | 1                     |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5554.0gr              |         | 5652.0gr |         | 5788.0gr |         | 5564.0gr |         | 5110.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup> |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|                                       | ARRIBA                | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                     | 2       | 3        | 4       | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 43.6gr                | 45.6gr  | 46.2gr   | 52.2gr  | 54.4gr   | 52.6gr  | 53.1gr   | 50.9gr  | 51.4gr   | 52.1gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 101.1gr               | 109.1gr | 108.2gr  | 100.5gr | 121.2gr  | 124.0gr | 114.2gr  | 116.3gr | 125.7gr  | 118.7gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 97.6gr                | 106.3gr | 104.3gr  | 97.4gr  | 115.9gr  | 118.3gr | 107.4gr  | 109.4gr | 116.4gr  | 110.6gr |
| PESO DE AGUA                          |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |

DMS =   
CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 51: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>      | 10/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigette Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Alura                      | 11.62cm               |   |
| Diámetro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| FECHA:                                | MUESTRA N°            |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| MOLDE N°                              | 1                     |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5246.0gr              |         | 5652.0gr |         | 5803.6gr |         | 5750.0gr |         | 5326.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup> |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
|                                       | 1                     | 2       | 3        | 4       | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 42.6gr                | 46.9gr  | 46.9gr   | 51.6gr  | 53.3gr   | 52.7gr  | 54.6gr   | 53.5gr  | 49.8gr   | 52.4gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 110.5gr               | 110.7gr | 118.2gr  | 109.7gr | 101.3gr  | 122.2gr | 107.1gr  | 114.0gr | 111.7gr  | 102.7gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 107.4gr               | 107.8gr | 113.2gr  | 105.8gr | 97.1gr   | 116.7gr | 101.5gr  | 107.9gr | 104.4gr  | 96.6gr  |
| PESO DE AGUA                          |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |

DMS =

CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 52: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>      | 14/06/23  |
| <b>Testistas:</b>  | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

| METODO                     |  | A                     |
|----------------------------|--|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |  |                       |
| Altura                     |  | 11.62cm               |
| Díametro                   |  | 10.16cm               |
| Volumen                    |  | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       |  | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz |  | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| FECHA:                                | MUESTRA N°            |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| MOLDE N°                              | 1                     |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5355.0gr              |         | 5727.0gr |         | 5813.0gr |         | 5750.0gr |         | 5653.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup> |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|                                       | ARRIBA                | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                     | 2       | 3        | 4       | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 44.5gr                | 45.1gr  | 45.9gr   | 52.0gr  | 54.3gr   | 53.3gr  | 54.7gr   | 51.9gr  | 50.7gr   | 53.4gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 118.4gr               | 106.6gr | 98.6gr   | 111.6gr | 110.5gr  | 103.9gr | 124.1gr  | 108.7gr | 116.4gr  | 109.5gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 116.4gr               | 105.2gr | 96.0gr   | 108.8gr | 106.8gr  | 100.5gr | 118.2gr  | 104.3gr | 109.6gr  | 104.2gr |
| PESO DE AGUA                          |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |

DMS =   
CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 53: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>      | 19/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHMO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

| METODO                     |  | A                     |
|----------------------------|--|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |  |                       |
| Altura                     |  | 11.62cm               |
| Diámetro                   |  | 10.16cm               |
| Volumen                    |  | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       |  | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz |  | N4                    |

**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)**

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| FECHA:                                |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| MOLDE N°                              | 1                     |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5328.0gr              |         | 5677.0gr |         | 5805.4gr |         | 5751.0gr |         | 5140.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup> |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
| PESO RECIPIENTE                       | 44.0gr                | 45.9gr  | 46.6gr   | 51.7gr  | 53.2gr   | 52.7gr  | 52.2gr   | 51.9gr  | 51.4gr   | 53.1gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 114.4gr               | 114.4gr | 103.5gr  | 121.5gr | 105.2gr  | 105.7gr | 106.1gr  | 116.9gr | 104.9gr  | 115.3gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 110.8gr               | 111.1gr | 99.5gr   | 116.5gr | 100.6gr  | 101.1gr | 100.4gr  | 110.3gr | 97.8gr   | 107.2gr |
| PESO DE AGUA                          |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |

DMS =   
CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 54: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>      | 23/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

| METODO                     |  | A                     |
|----------------------------|--|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |  |                       |
| Altura                     |  | 11.62cm               |
| Diámetro                   |  | 10.16cm               |
| Volumen                    |  | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       |  | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz |  | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°            |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                     |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5146.0gr              |         | 5632.0gr |         | 5833.6gr |         | 5810.0gr |         | 5646.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup> |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
|                                       | 1                     | 2       | 3        | 4       | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 44.6gr                | 45.1gr  | 47.3gr   | 52.2gr  | 52.4gr   | 52.5gr  | 53.4gr   | 52.0gr  | 49.1gr   | 51.4gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 100.6gr               | 120.3gr | 111.3gr  | 105.9gr | 123.3gr  | 122.1gr | 106.5gr  | 118.6gr | 114.4gr  | 106.2gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 99.0gr                | 117.7gr | 107.5gr  | 103.0gr | 117.8gr  | 116.6gr | 101.6gr  | 112.4gr | 107.7gr  | 100.6gr |
| PESO DE AGUA                          |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |

DMS =   
CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 55: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |   |                    |                    |   |               |          |                  |  |
|--|---|--------------------|--------------------|---|---------------|----------|------------------|--|
| <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br/>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>  |   |                    |                    |   |               |          |                  |  |
| <p>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"</p>  |   |                    |                    |   |               |          |                  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><b>Ensayo:</b></td> <td>Proctor Modificado</td> </tr> <tr> <td><b>Referencia:</b></td> <td>MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada</td> </tr> <tr> <td><b>Fecha:</b></td> <td>23/06/23</td> </tr> <tr> <td><b>Tesistas:</b></td> <td>-Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br/>-Eric Hammer Quecaño Lopez</td> </tr> </table> | <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado | <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada | <b>Fecha:</b> | 23/06/23 | <b>Tesistas:</b> | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |
| <b>Ensayo:</b>   | Proctor Modificado  |                    |                    |   |               |          |                  |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |                    |                    |   |               |          |                  |  |
| <b>Fecha:</b>  | 23/06/23  |                    |                    |   |               |          |                  |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |                    |                    |   |               |          |                  |  |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Diametro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                       |         |          |        |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------|----------|--------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| FECHA:                                | MUESTRA N°            |         |          |        |          |         |          |         |          |         |
| MOLDE N°                              | 1                     |         | 1        |        | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |         | 5        |        | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |         | 25       |        | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                       |         |          |        |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5205.0gr              |         | 5661.0gr |        | 5776.4gr |         | 5709.0gr |         | 5452.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |         | 3806.0gr |        | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |                       |         |          |        |          |         |          |         |          |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup> |         | 942.1gr  |        | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |         |          |        |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |         |          |        |          |         |          |         |          |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                       |         |          |        |          |         |          |         |          |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO  | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
|                                       | 1                     | 2       | 3        | 4      | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 44.5gr                | 46.2gr  | 45.8gr   | 52.4gr | 52.9gr   | 52.5gr  | 53.2gr   | 52.3gr  | 51.4gr   | 53.4gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 113.9gr               | 105.8gr | 116.5gr  | 99.9gr | 99.3gr   | 100.0gr | 106.8gr  | 124.7gr | 124.4gr  | 120.3gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 111.0gr               | 103.3gr | 111.9gr  | 96.8gr | 95.4gr   | 96.4gr  | 101.3gr  | 118.0gr | 116.1gr  | 113.0gr |
| PESO DE AGUA                          |                       |         |          |        |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |         |          |        |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |        |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |         |          |        |          |         |          |         |          |         |

DMS =   
CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 56: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>      | 03/07/23  |
| <b>Testistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Diametro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°            |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                     |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5148.0gr              |         | 5643.0gr |         | 5790.0gr |         | 5695.0gr |         | 5188.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup> |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| RECIPiente N°                         | ARRIBA                | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
|                                       | 1                     | 2       | 3        | 4       | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      |
| PESO RECIPiente                       | 43.6gr                | 47.1gr  | 45.8gr   | 51.8gr  | 52.5gr   | 52.1gr  | 53.4gr   | 50.7gr  | 50.2gr   | 53.9gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPiente  | 114.8gr               | 119.7gr | 105.0gr  | 102.6gr | 111.2gr  | 103.4gr | 116.2gr  | 119.6gr | 111.8gr  | 125.1gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPiente | 112.4gr               | 117.4gr | 101.7gr  | 99.8gr  | 107.0gr  | 100.0gr | 110.5gr  | 113.9gr | 105.2gr  | 117.6gr |
| PESO DE AGUA                          |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |

DMS =   
CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 57: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Proctor Modificado   |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada                                    |  |
| <b>Fecha:</b>  | 08/07/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHMO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 75.00% |

| METODO                     | A                     |
|----------------------------|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |
| Altura                     | 11.62cm               |
| Díametro                   | 10.16cm               |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| FECHA:                                | MUESTRA N°            |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| MOLDE N°                              | 1                     |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5290.0gr              |         | 5713.0gr |         | 5818.6gr |         | 5823.0gr |         | 5651.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup> |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|                                       | ARRIBA                | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                     | 2       | 3        | 4       | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 44.0gr                | 45.4gr  | 46.0gr   | 51.9gr  | 52.5gr   | 53.5gr  | 53.3gr   | 53.0gr  | 48.6gr   | 52.9gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 101.2gr               | 112.4gr | 113.3gr  | 108.3gr | 106.7gr  | 120.6gr | 109.5gr  | 105.7gr | 112.5gr  | 111.1gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 100.2gr               | 111.1gr | 110.0gr  | 105.8gr | 103.5gr  | 116.6gr | 105.4gr  | 101.8gr | 107.1gr  | 106.2gr |
| PESO DE AGUA                          |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |

DMS =   
CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 58: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>      | 15/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 75.00% |

| METODO                     | A                     |
|----------------------------|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |
| Altura                     | 11.62cm               |
| Diametro                   | 10.16cm               |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                       |        |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|--------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| FECHA:                                | MUESTRA N°            |        |          |         |          |         |          |         |          |         |
| MOLDE N°                              | 1                     |        | 1        |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |        | 5        |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |        | 25       |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                       |        |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5176.0gr              |        | 5715.0gr |         | 5826.5gr |         | 5747.0gr |         | 5483.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |        | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |                       |        |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup> |        | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |        |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |        |          |         |          |         |          |         |          |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                       |        |          |         |          |         |          |         |          |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                | ABAJO  | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
|                                       | 1                     | 2      | 3        | 4       | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 43.9gr                | 46.5gr | 45.9gr   | 53.2gr  | 54.2gr   | 53.3gr  | 52.2gr   | 51.3gr  | 48.5gr   | 53.6gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 118.7gr               | 99.3gr | 100.2gr  | 120.3gr | 105.2gr  | 116.4gr | 110.6gr  | 119.7gr | 114.3gr  | 106.8gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 117.1gr               | 98.6gr | 97.9gr   | 117.6gr | 102.3gr  | 112.7gr | 106.3gr  | 115.0gr | 108.3gr  | 102.2gr |
| PESO DE AGUA                          |                       |        |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |        |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |        |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |        |          |         |          |         |          |         |          |         |

DMS =   
CHO =

Fuente: Elaboración propia



Tabla 59: Toma de datos: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>      | 20/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 75.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Diámetro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°            |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                     |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         | 1        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                     |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         | 5        |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                    |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         | 25       |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5457.0gr              |         | 5758.0gr |         | 5818.5gr |         | 5685.0gr |         | 5346.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr              |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         | 3806.0gr |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup> |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         | 942.1gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| DENSIDAD SECA                         |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|                                       | ARRIBA                | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   | ARRIBA   | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                     | 2       | 3        | 4       | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 42.8gr                | 46.4gr  | 46.1gr   | 51.5gr  | 55.0gr   | 51.7gr  | 54.1gr   | 53.5gr  | 50.3gr   | 53.5gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 105.4gr               | 108.8gr | 105.4gr  | 112.6gr | 107.4gr  | 118.5gr | 112.6gr  | 100.1gr | 105.8gr  | 117.6gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 103.5gr               | 106.9gr | 102.0gr  | 109.4gr | 103.9gr  | 114.2gr | 107.2gr  | 96.0gr  | 99.8gr   | 111.1gr |
| PESO DE AGUA                          |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |                       |         |          |         |          |         |          |         |          |         |

DMS =   
CHO =

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.9. Ensayo California Bearing Ratio CBR (MTC E 132)

#### a) Equipos

- Molde de metal de 6" con collarín
- Pisón de compactación
- Disco espaciador de metal con forma circular
- Trípode de medida de expansión



- Pesas de 4.54 Kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de 2.27 kg.
- Equipo de penetración
- Balanza de precisión
- Horno de secado, capaz de mantener una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Regla metálica
- Papel filtro
- Tamiz N°40.
- Recipientes
- Probeta
- Bandejas
- Cucharones
- Espátula
- Diales de recorrido mínimo de 25mm y divisiones lecturas de 0.025mm.
- Tanque para inmersión de moldes.

#### b) Procedimiento

- Se prepara la muestra en una cantidad aproximada de 18 Kg, debido a que el material es totalmente fino este no necesita ser tamizado para ingresar al molde previamente.
- Registramos los datos del molde, su diámetro, altura y peso respectivamente.
- Previo a la compactación de cada molde se debe tener como requisito el contenido de humedad óptimo para alcanzar la máxima densidad seca, es por ello que el material es secado previamente para así determinar la cantidad de agua necesaria con mayor precisión.
- Se añadió la cantidad de agua que faltaba para alcanzar la humedad óptima obtenida en el ensayo Proctor modificado, se procedió a mezclarlo con la muestra de manera homogénea y dividirla en tres partes iguales. Se realiza el mismo paso para cada dosificación con la diferencia de que no solo se agrega agua, sino la mezcla respectiva de aceite quemado de motor, mucílago de sábila y agua según proporciones.

**Figura 46:** Adición de mucílago y aceite según dosificación 2



Fuente: Elaboración propia

- Se prepararon tres moldes de CBR, introducimos el disco espaciador sobre la base y sobre este un papel filtro, de esta manera aseguramos que el suelo no se adhiera con el disco durante la compactación.
- Continuamos con la compactación de cada molde con 12, 25 y 56 golpes por capa, cuya distribución es de 5 capas por molde.

**Figura 47:** Compactación de cada molde – 5 capas



Fuente: Elaboración propia

- Posterior a la compactación se retira el collarín superior del molde y se nivela de manera que la superficie sea uniforme y tomamos muestras representativas del material que se



encuentra en el collarín para determinar el contenido de humedad en estado no saturado.

**Figura 48:** Toma de muestras representativas del material – suelo natural



Fuente: Elaboración propia

- Se pesa el molde que contiene el suelo compactado, quitando el disco espaciador. Se coloca el papel filtro sobre la base de manera invertida a comparación del inicio.
- Sobre la muestra se coloca la placa perforada con el vástago y las sobrecargas previamente determinadas, es así que tenemos la muestra lista para la saturación.

**Figura 49:** Moldes CBR listos para saturación – suelo natural



Fuente: Elaboración propia



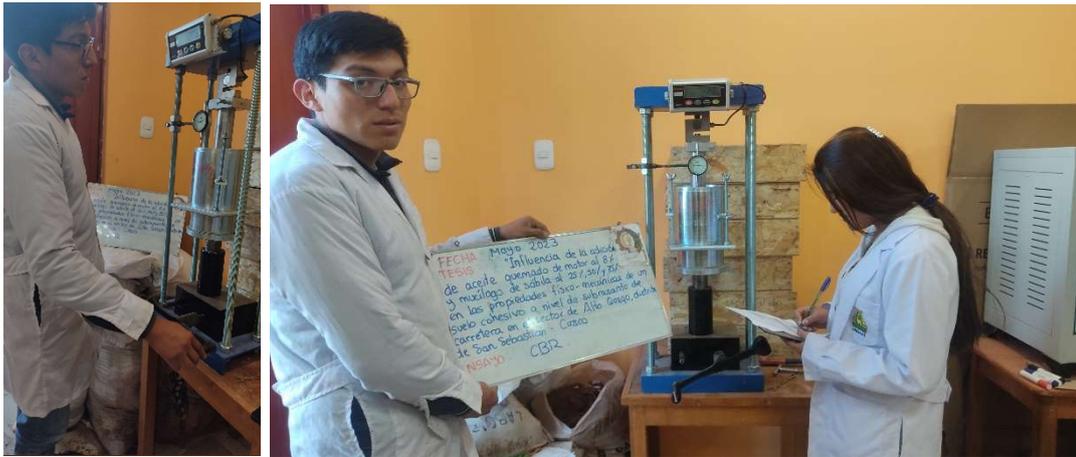
Figura 50: Moldes CBR listos para saturación – dosificación 2



Fuente: Elaboración propia

- Una vez compactado los 3 moldes se deben sumergir en un tanque de agua asegurándonos que el nivel del agua cubra la totalidad del molde de CBR, se monta el trípode con el dial para la medición de la expansión, marcando los puntos exactos de contacto de las tres patas del trípode.
- Las mediciones de expansión se registran cada 24h para cada uno de los moldes por un periodo de 4 días de inmersión, pasado el tiempo, se retiraron para que drenen todo el exceso de agua por un tiempo de 15 minutos un posterior secado de sus superficies; retiramos las sobrecargas y la placa perforada y registramos el peso de la muestra saturada.
- Para determinar la penetración se coloca el molde sobre el soporte de carga de la prensa ajustando el pistón para que quede centrado con la muestra. Se coloca en cero el indicador de presión del anillo de carga y el dial de deformación, la velocidad de penetración uniforme es de 1.27 mm (0.05") por minuto, la misma que se controla con un cronómetro. Se registran las lecturas de carga hasta llegar a 0.5".

Figura 51: Lecturas de esfuerzo – deformación



Fuente: Elaboración propia

Figura 52: Moldes ya sometidos a esfuerzo



Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos



Tabla 60: Toma de datos: CBR - calicata 01.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Ensayo de CBR  |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 132 CBR en suelos  |  |
| <b>Fecha:</b>  | 29/05/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

|   | Clasificación SUCS= CL-ML<br>Clasificación ASTTHO= A-4 (0) | <b>DATOS DEL MOLDE (cm)</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Altura</td><td>12.00cm</td></tr> <tr><td>Diametro</td><td>15.00cm</td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>2120.58cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Peso</td><td>7384.00gr</td></tr> </table> | Altura | 12.00cm | Diametro  | 15.00cm | Volumen | 2120.58cm <sup>3</sup> | Peso | 7384.00gr |
|---|--|--|--------|---------|---|---------|---------|------------------------|------|-----------|
| Altura  | 12.00cm  |  |        |         |   |         |         |                        |      |           |
| Diametro  | 15.00cm  |  |        |         |   |         |         |                        |      |           |
| Volumen   | 2120.58cm <sup>3</sup>                                     |  |        |         |   |         |         |                        |      |           |
| Peso  | 7384.00gr  |  |        |         |   |         |         |                        |      |           |
| <b>COORDENADAS UTM</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>X</th><th>Y</th></tr> <tr><td>183045</td><td>8503356</td></tr> </table> | X  | Y  | 183045 | 8503356 | <b>CALICATA</b> C-01<br><b>SUCS</b> CL-ML<br><b>ACEITE</b> 0.00%<br><b>SABILA</b> 0.00% |         |         |                        |      |           |
| X   | Y  |  |        |         |   |         |         |                        |      |           |
| 183045  | 8503356  |  |        |         |   |         |         |                        |      |           |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |           |         |           |         |           |         |
|---------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11980.0gr |         | 11550.0gr |         | 11210.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |         |           |         |           |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |         |           |         |           |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2       | 3         | 4       | 5         | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr   | 17.31gr | 22.14gr   | 21.96gr | 22.16gr   | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 44.84gr   | 66.59gr | 58.37gr   | 64.77gr | 53.62gr   | 65.15gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 42.52gr   | 62.54gr | 55.40gr   | 61.44gr | 50.84gr   | 61.70gr |
| PESO DE AGUA                          |           |         |           |         |           |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |         |           |         |           |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12040.0gr | 11710.0gr | 11440.0gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |           |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |           |           |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

|                       |                 |         |               |         |               |         |               |         |               |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |         |               | 25      |               |         | 12            |         |               |
| MOLDE N°              | 1               |         |               | 2       |               |         | 3             |         |               |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO |
|                       |                 | 0.001pg | mm %          |
| 05/09/2023            | 0               | 0.0     |               | 0.0     |               | 0.0     |               | 0.0     |               |
| 06/09/2023            | 24              | 7.4     |               | 10.7    |               | 11.9    |               | 11.9    |               |
| 07/09/2023            | 48              | 13.7    |               | 17.5    |               | 27.8    |               | 27.8    |               |
| 08/09/2023            | 72              | 21.6    |               | 27.1    |               | 28.0    |               | 28.0    |               |
| 09/09/2023            | 96              | 25.1    |               | 40.0    |               | 41.5    |               | 41.5    |               |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

|   |  |                 |          |           |                 |         |           |                 |         |   |
|---|--|-----------------|----------|-----------|-----------------|---------|-----------|-----------------|---------|---|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                | 56 GOLPES                              |                 |          | 25 GOLPES |                 |         | 12 GOLPES |                 |         |   |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  |                 |          |           |                 |         |           |                 |         |   |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | MOLDE N°        |          |           | MOLDE N°        |         |           | MOLDE N°        |         |   |
|   |  | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATF | %         | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | %         | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | % |
| 0                                       |  | DIAL            | psi      | %         | DIAL            | psi     | %         | DIAL            | psi     | % |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0        | 0         | 0.0 Kg          | 0       | 0         | 0.0 Kg          | 0       | 0 |
| 0.025                                   |  | 38.9 Kg         |          |           | 22.8 Kg         |         |           | 12.0 Kg         |         |   |
| 0.050                                   |  | 79.6 Kg         |          |           | 50.5 Kg         |         |           | 32.5 Kg         |         |   |
| 0.075                                   |  | 107.9 Kg        |          |           | 77.5 Kg         |         |           | 50.3 Kg         |         |   |
| 0.100                                   | 1000                                   | 131.7 Kg        |          |           | 99.7 Kg         |         |           | 62.0 Kg         |         |   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 180.8 Kg        |          |           | 146.1 Kg        |         |           | 77.3 Kg         |         |   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 220.0 Kg        |          |           | 171.0 Kg        |         |           | 95.8 Kg         |         |   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 243.8 Kg        |          |           | 195.8 Kg        |         |           | 103.0 Kg        |         |   |
| 0.500                                   | 2600                                   | 261.1 Kg        |          |           | 212.3 Kg        |         |           | 108.8 Kg        |         |   |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 61: Toma de datos: CBR - calicata 02.

|   |  |
|---|--|
| <br><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>   |  |
| <p>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"</p> |  |
| <b>Ensayo:</b>  | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>   | 02/06/23   |
| <b>Técnicos:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |           |         |           |         |           |         |
|---------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11988.0gr |         | 11603.0gr |         | 11488.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |         |           |         |           |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |         |           |         |           |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2       | 3         | 4       | 5         | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 51.24gr   | 50.54gr | 50.84gr   | 51.60gr | 50.25gr   | 51.84gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 96.86gr   | 94.80gr | 96.21gr   | 88.76gr | 91.19gr   | 95.83gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 92.39gr   | 90.54gr | 92.00gr   | 85.29gr | 87.44gr   | 91.80gr |
| PESO DE AGUA                          |           |         |           |         |           |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |         |           |         |           |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12407.6gr | 12226.1gr | 12356.5gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11988.0gr | 11603.0gr | 11488.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |           |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |           |           |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

|                       |                 |               |    |               |    |               |    |  |  |
|-----------------------|-----------------|---------------|----|---------------|----|---------------|----|--|--|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |               |    | 25            |    |               | 12 |  |  |
| MOLDE N°              | 1               |               |    | 2             |    |               | 3  |  |  |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | ESPONJAMIENTO |    | ESPONJAMIENTO |    | ESPONJAMIENTO |    |  |  |
|                       |                 | DIAL          | %  | DIAL          | %  | DIAL          | %  |  |  |
|                       |                 | 0.001pg       | mm | 0.001pg       | mm | 0.001pg       | mm |  |  |
| 05/09/2023            | 0               | 0.0           |    | 0.0           |    | 0.0           |    |  |  |
| 06/09/2023            | 24              | 7.0           |    | 10.4          |    | 11.9          |    |  |  |
| 07/09/2023            | 48              | 12.6          |    | 17.2          |    | 25.2          |    |  |  |
| 08/09/2023            | 72              | 21.5          |    | 25.6          |    | 28.0          |    |  |  |
| 09/09/2023            | 96              | 24.4          |    | 36.3          |    | 40.6          |    |  |  |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

|   |  |                 |          |                 |           |                 |          |           |  |  |
|---|--|-----------------|----------|-----------------|-----------|-----------------|----------|-----------|--|--|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |          |                 | 25 GOLPES |                 |          | 12 GOLPES |  |  |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |          |                 | MOLDE N°  |                 |          | MOLDE N°  |  |  |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATF | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATF  | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATF |           |  |  |
|   |  | DIAL            | psi      | DIAL            | psi       | DIAL            | psi      |           |  |  |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0        | 0.0 Kg          | 0         | 0.0 Kg          | 0        |           |  |  |
| 0.025                                   |  | 61.1 Kg         |          | 47.6 Kg         |           | 32.6 Kg         |          |           |  |  |
| 0.050                                   |  | 92.3 Kg         |          | 73.8 Kg         |           | 51.8 Kg         |          |           |  |  |
| 0.075                                   |  | 110.0 Kg        |          | 89.5 Kg         |           | 68.5 Kg         |          |           |  |  |
| 0.100                                   | 1000                                   | 123.4 Kg        |          | 103.1 Kg        |           | 78.1 Kg         |          |           |  |  |
| 0.200                                   | 1500                                   | 143.5 Kg        |          | 121.0 Kg        |           | 92.0 Kg         |          |           |  |  |
| 0.300                                   | 1900                                   | 155.9 Kg        |          | 135.0 Kg        |           | 108.5 Kg        |          |           |  |  |
| 0.400                                   | 2300                                   | 165.8 Kg        |          | 141.3 Kg        |           | 113.3 Kg        |          |           |  |  |
| 0.500                                   | 2600                                   | 175.0 Kg        |          | 149.5 Kg        |           | 121.0 Kg        |          |           |  |  |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 62: Toma de datos: CBR - calicata 03.

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> |  |
|---|---|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha</b>       | 07/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| Clasificación SUCS= CL-ML<br>Clasificación ASTTHO= A-4 (0)   |         | <b>DATOS DEL MOLDE (cm)</b><br>Altura 12.00cm<br>Diametro 15.00cm<br>Volumen 2120.58cm <sup>3</sup><br>Peso 7384.00gr |        |         |   |          |      |      |  |        |       |        |       |  |
|--|---------|---|--------|---------|---|----------|------|------|--|--------|-------|--------|-------|--|
| <b>COORDENADAS UTM</b><br><table border="1"> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> <tr> <td>182898</td> <td>8503402</td> </tr> </table> | X       | Y   | 182898 | 8503402 | <table border="1"> <tr> <th>CALICATA</th> <td>C-03</td> </tr> <tr> <th>SUCS</th> <td></td> </tr> <tr> <th>ACEITE</th> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <th>SABILA</th> <td>0.00%</td> </tr> </table> | CALICATA | C-03 | SUCS |  | ACEITE | 0.00% | SABILA | 0.00% |  |
| X  | Y       |   |        |         |   |          |      |      |  |        |       |        |       |  |
| 182898   | 8503402 |   |        |         |   |          |      |      |  |        |       |        |       |  |
| CALICATA   | C-03    |   |        |         |   |          |      |      |  |        |       |        |       |  |
| SUCS   |         |   |        |         |   |          |      |      |  |        |       |        |       |  |
| ACEITE   | 0.00%   |   |        |         |   |          |      |      |  |        |       |        |       |  |
| SABILA   | 0.00%   |   |        |         |   |          |      |      |  |        |       |        |       |  |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |           |         |           |         |           |         |
|---------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11946.0gr |         | 11564.0gr |         | 11444.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |         |           |         |           |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |         |           |         |           |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2       | 3         | 4       | 5         | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 51.24gr   | 50.54gr | 50.84gr   | 51.60gr | 50.25gr   | 51.84gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 91.70gr   | 94.65gr | 92.81gr   | 90.53gr | 91.97gr   | 95.55gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 88.44gr   | 91.19gr | 89.58gr   | 87.45gr | 88.85gr   | 92.29gr |
| PESO DE AGUA                          |           |         |           |         |           |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |         |           |         |           |         |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12284.1gr | 12212.7gr | 12279.4gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11946.0gr | 11564.0gr | 11444.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |           |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |           |           |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

|                       |                 |         |               |         |               |         |               |         |               |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |         |               | 25      |               |         | 12            |         |               |
| MOLDE N°              | 1               |         |               | 2       |               |         | 3             |         |               |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO |
|                       |                 | 0.001pg | mm %          |
| 05/09/2023            | 0               | 0.0     |               | 0.0     |               | 0.0     |               | 0.0     |               |
| 06/09/2023            | 24              | 7.3     |               | 10.6    |               | 12.4    |               | 12.4    |               |
| 07/09/2023            | 48              | 12.8    |               | 17.2    |               | 26.1    |               | 26.1    |               |
| 08/09/2023            | 72              | 21.6    |               | 25.7    |               | 29.0    |               | 29.0    |               |
| 09/09/2023            | 96              | 24.9    |               | 36.4    |               | 41.5    |               | 41.5    |               |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

|   |                            |                 |          |                 |           |                 |         |                 |         |  |
|---|----------------------------|-----------------|----------|-----------------|-----------|-----------------|---------|-----------------|---------|--|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |                            | 56 GOLPES       |          |                 | 25 GOLPES |                 |         | 12 GOLPES       |         |  |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |                            | MOLDE N°        |          |                 | MOLDE N°  |                 |         | MOLDE N°        |         |  |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATF | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT   | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT |  |
|   |                            | DIAL            | %        | DIAL            | %         | DIAL            | %       | DIAL            | %       |  |
| 0                                       |                            | 0.0 Kg          | 0        | 0.0 Kg          | 0         | 0.0 Kg          | 0       | 0.0 Kg          | 0       |  |
| 0.025                                   |                            | 50.9 Kg         |          | 37.4 Kg         |           | 22.4 Kg         |         | 22.4 Kg         |         |  |
| 0.050                                   |                            | 86.1 Kg         |          | 67.6 Kg         |           | 45.6 Kg         |         | 45.6 Kg         |         |  |
| 0.075                                   |                            | 114.7 Kg        |          | 94.2 Kg         |           | 71.2 Kg         |         | 71.2 Kg         |         |  |
| 0.100                                   | 1000                       | 128.8 Kg        |          | 108.5 Kg        |           | 83.5 Kg         |         | 83.5 Kg         |         |  |
| 0.200                                   | 1500                       | 151.9 Kg        |          | 129.4 Kg        |           | 100.4 Kg        |         | 100.4 Kg        |         |  |
| 0.300                                   | 1900                       | 165.1 Kg        |          | 144.2 Kg        |           | 117.7 Kg        |         | 117.7 Kg        |         |  |
| 0.400                                   | 2300                       | 176.2 Kg        |          | 151.7 Kg        |           | 123.7 Kg        |         | 123.7 Kg        |         |  |
| 0.500                                   | 2600                       | 187.9 Kg        |          | 162.4 Kg        |           | 133.9 Kg        |         | 133.9 Kg        |         |  |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 63: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 12/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |           |           |           |         |         |         |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11937.0gr | 11595.0gr | 11499.0gr |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  | 7384.0gr  | 7384.0gr  |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |           |           |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |           |           |           |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |           |           |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |           |           |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO     | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2         | 3         | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr   | 17.31gr   | 22.14gr   | 21.96gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 93.26gr   | 95.76gr   | 94.73gr   | 94.27gr | 94.32gr | 88.44gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 89.56gr   | 91.86gr   | 91.03gr   | 90.57gr | 90.65gr | 85.44gr |
| PESO DE AGUA                          |           |           |           |         |         |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |           |           |         |         |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |           |           |         |         |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |           |           |         |         |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12265.3gr | 12235.0gr | 12348.8gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |           |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |           |           |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

|                       |                 |         |               |         |               |         |               |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25      | 12            |         |               |         |               |
| MOLDE N°              | 1               | 2       | 3             |         |               |         |               |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | 0.001pg | mm            | 0.001pg | mm            |
| 05/09/2023            | 0               | 0.0     |               | 0.0     |               | 0.0     |               |
| 06/09/2023            | 24              | 7.7     |               | 10.8    |               | 12.2    |               |
| 07/09/2023            | 48              | 14.1    |               | 17.5    |               | 28.1    |               |
| 08/09/2023            | 72              | 21.9    |               | 27.7    |               | 28.8    |               |
| 09/09/2023            | 96              | 26.0    |               | 41.6    |               | 43.3    |               |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

|   |  |                 |                      |                 |           |                 |         |                 |         |  |
|---|--|-----------------|----------------------|-----------------|-----------|-----------------|---------|-----------------|---------|--|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |                      |                 | 25 GOLPES |                 |         | 12 GOLPES       |         |  |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |                      |                 | MOLDE N°  |                 |         | MOLDE N°        |         |  |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT <sup>2</sup> | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT   | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT |  |
|   |  | DIAL            | psi                  | DIAL            | psi       | DIAL            | psi     | DIAL            | psi     |  |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0                    | 0.0 Kg          | 0         | 0.0 Kg          | 0       | 0.0 Kg          | 0       |  |
| 0.025                                   |  | 65.8 Kg         |                      | 50.1 Kg         |           | 41.4 Kg         |         |                 |         |  |
| 0.050                                   |  | 121.3 Kg        |                      | 98.7 Kg         |           | 82.9 Kg         |         |                 |         |  |
| 0.075                                   |  | 155.3 Kg        |                      | 126.6 Kg        |           | 98.6 Kg         |         |                 |         |  |
| 0.100                                   | 1000                                   | 175.0 Kg        |                      | 146.0 Kg        |           | 109.2 Kg        |         |                 |         |  |
| 0.200                                   | 1500                                   | 204.1 Kg        |                      | 162.9 Kg        |           | 125.1 Kg        |         |                 |         |  |
| 0.300                                   | 1900                                   | 228.1 Kg        |                      | 189.1 Kg        |           | 160.2 Kg        |         |                 |         |  |
| 0.400                                   | 2300                                   | 260.0 Kg        |                      | 199.4 Kg        |           | 175.5 Kg        |         |                 |         |  |
| 0.500                                   | 2600                                   | 303.9 Kg        |                      | 258.6 Kg        |           | 210.2 Kg        |         |                 |         |  |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 64: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|   |   |
|---|---|
|  <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br/>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> |  |
|---|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 16/06/23   |
| <b>Testistas:</b>  | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |           |         |           |         |           |         |
|---------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11866.0gr |         | 11507.0gr |         | 11385.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |         |           |         |           |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr  |         | 2120.6gr  |         | 2120.6gr  |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |         |           |         |           |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2       | 3         | 4       | 5         | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr   | 17.31gr | 22.14gr   | 21.96gr | 22.16gr   | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 95.89gr   | 88.71gr | 95.81gr   | 95.57gr | 90.56gr   | 94.67gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 92.19gr   | 85.60gr | 92.32gr   | 92.07gr | 87.45gr   | 91.33gr |
| PESO DE AGUA                          |           |         |           |         |           |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |         |           |         |           |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12243.3gr | 12123.8gr | 12226.4gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |           |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |           |           |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25   | 12            |   |      |               |   |      |               |   |
|-----------------------|-----------------|------|---------------|---|------|---------------|---|------|---------------|---|
| MOLDE N°              | 1               | 2    | 3             |   |      |               |   |      |               |   |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | 1    |               |   | 2    |               |   | 3    |               |   |
|                       |                 | DIAL | ESPONJAMIENTO | % | DIAL | ESPONJAMIENTO | % | DIAL | ESPONJAMIENTO | % |
|                       | 0               | 0.0  |               |   | 0.0  |               |   | 0.0  |               |   |
|                       | 24              | 8.1  |               |   | 11.7 |               |   | 12.4 |               |   |
|                       | 48              | 14.5 |               |   | 18.6 |               |   | 29.3 |               |   |
|                       | 72              | 22.6 |               |   | 28.5 |               |   | 30.3 |               |   |
|                       | 96              | 26.6 |               |   | 43.8 |               |   | 46.1 |               |   |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

| 1 kg=2.20462262000000 lb                | 56 GOLPES                              |                 |         | 25 GOLPES |                 |         | 12 GOLPES |                 |         |   |
|---|--|-----------------|---------|-----------|-----------------|---------|-----------|-----------------|---------|---|
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  |                 |         |           |                 |         |           |                 |         |   |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | MOLDE N°        |         |           | MOLDE N°        |         |           | MOLDE N°        |         |   |
|   |  | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | %         | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | %         | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | % |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0       | 0         | 0.0 Kg          | 0       | 0         | 0.0 Kg          | 0       | 0 |
| 0.025                                   |  | 69.9 Kg         |         |           | 53.5 Kg         |         |           | 40.1 Kg         |         |   |
| 0.050                                   |  | 119.0 Kg        |         |           | 93.3 Kg         |         |           | 70.3 Kg         |         |   |
| 0.075                                   |  | 139.1 Kg        |         |           | 121.4 Kg        |         |           | 103.3 Kg        |         |   |
| 0.100                                   | 1000                                   | 154.4 Kg        |         |           | 137.1 Kg        |         |           | 110.9 Kg        |         |   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 176.5 Kg        |         |           | 158.0 Kg        |         |           | 121.3 Kg        |         |   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 204.0 Kg        |         |           | 169.1 Kg        |         |           | 139.7 Kg        |         |   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 221.5 Kg        |         |           | 193.9 Kg        |         |           | 149.4 Kg        |         |   |
| 0.500                                   | 2600                                   | 226.6 Kg        |         |           | 201.2 Kg        |         |           | 153.4 Kg        |         |   |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 65: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> |  |
|--|---|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 21/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|  |         |                             |                                |
|--|---------|-----------------------------|--------------------------------|
| Clasificación SUCS= CL-ML<br>Clasificación ASTTHO= A-4 (0) |         | <b>DATOS DEL MOLDE (cm)</b> |                                |
| <b>COORDENADAS UTM</b>                                     |         | <b>CALICATA</b> C-02        | Altura 12.00cm                 |
| X  | Y       | SUCS                        | CL-ML                          |
| 182898   | 8503402 | ACEITE                      | 8.00%                          |
|  |         | SABILA                      | 25.00%                         |
|  |         |                             | Diametro 15.00cm               |
|  |         |                             | Volumen 2120.58cm <sup>3</sup> |
|  |         |                             | Peso 7384.00gr                 |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |           |         |           |         |           |         |
|---------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11880.0gr |         | 11530.0gr |         | 11429.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |         |           |         |           |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |         |           |         |           |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2       | 3         | 4       | 5         | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr   | 17.31gr | 22.14gr   | 21.96gr | 22.16gr   | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 92.59gr   | 90.66gr | 89.33gr   | 95.53gr | 92.80gr   | 88.82gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 89.43gr   | 87.66gr | 86.47gr   | 92.28gr | 89.78gr   | 86.13gr |
| PESO DE AGUA                          |           |         |           |         |           |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |         |           |         |           |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12207.9gr | 12175.7gr | 12270.2gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |           |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |           |           |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

|                       |                 |                 |                     |    |                 |                     |    |                 |                     |   |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------------|----|-----------------|---------------------|----|-----------------|---------------------|---|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |                 |                     | 25 |                 |                     | 12 |                 |                     |   |
| MOLDE N°              | 1               |                 |                     | 2  |                 |                     | 3  |                 |                     |   |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %  | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %  | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | % |
| 05/09/2023            | 0               | 0.0             |                     |    | 0.0             |                     |    | 0.0             |                     |   |
| 06/09/2023            | 24              | 8.1             |                     |    | 11.6            |                     |    | 12.5            |                     |   |
| 07/09/2023            | 48              | 15.0            |                     |    | 17.9            |                     |    | 28.6            |                     |   |
| 08/09/2023            | 72              | 22.6            |                     |    | 28.1            |                     |    | 29.5            |                     |   |
| 09/09/2023            | 96              | 26.7            |                     |    | 43.1            |                     |    | 45.3            |                     |   |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

|   |  |                 |         |   |                 |         |   |                 |         |   |
|---|--|-----------------|---------|---|-----------------|---------|---|-----------------|---------|---|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |         |   | 25 GOLPES       |         |   | 12 GOLPES       |         |   |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |         |   | MOLDE N°        |         |   | MOLDE N°        |         |   |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | % | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | % | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | % |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0       | 0 | 0.0 Kg          | 0       | 0 | 0.0 Kg          | 0       | 0 |
| 0.025                                   |  | 70.0 Kg         |         |   | 55.6 Kg         |         |   | 41.5 Kg         |         |   |
| 0.050                                   |  | 118.5 Kg        |         |   | 95.4 Kg         |         |   | 75.7 Kg         |         |   |
| 0.075                                   |  | 155.4 Kg        |         |   | 126.5 Kg        |         |   | 100.1 Kg        |         |   |
| 0.100                                   | 1000                                   | 170.7 Kg        |         |   | 142.5 Kg        |         |   | 111.8 Kg        |         |   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 186.4 Kg        |         |   | 159.7 Kg        |         |   | 126.6 Kg        |         |   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 203.4 Kg        |         |   | 167.6 Kg        |         |   | 134.9 Kg        |         |   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 211.1 Kg        |         |   | 178.2 Kg        |         |   | 145.6 Kg        |         |   |
| 0.500                                   | 2600                                   | 225.7 Kg        |         |   | 185.6 Kg        |         |   | 159.5 Kg        |         |   |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 66: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> |  |
|---|---|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN –CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 26/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|  |         |                             |                        |
|--|---------|-----------------------------|------------------------|
| Clasificación SUCS= CL-ML<br>Clasificación ASTTHO= A-4 (0) |         | <b>DATOS DEL MOLDE (cm)</b> |                        |
| <b>COORDENADAS UTM</b>                                     |         | <b>CALICATA</b> C-02        |                        |
| X  | Y       | SUCS                        | CL-ML                  |
| 182971   | 8503378 | ACEITE                      | 8.00%                  |
|  |         | SABILA                      | 50.00%                 |
|  |         | DATOS DEL MOLDE (cm)        |                        |
|  |         | Altura                      | 12.00cm                |
|  |         | Diametro                    | 15.00cm                |
|  |         | Volumen                     | 2120.58cm <sup>3</sup> |
|  |         | Peso                        | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |           |         |           |         |           |         |
|---------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11919.0gr |         | 11539.0gr |         | 11441.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |         |           |         |           |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |         |           |         |           |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2       | 3         | 4       | 5         | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr   | 17.31gr | 22.14gr   | 21.96gr | 22.16gr   | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 92.41gr   | 90.39gr | 95.31gr   | 91.49gr | 95.32gr   | 94.67gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 89.19gr   | 87.24gr | 91.92gr   | 88.41gr | 92.06gr   | 91.50gr |
| PESO DE AGUA                          |           |         |           |         |           |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |         |           |         |           |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |    |           |
|--|-----------|----|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25 | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2  | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12242.0gr |    | 12151.7gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr |    | 11550.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |    |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |    |           |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

|                       |                 |                 |                     |   |                 |                     |   |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------------|---|-----------------|---------------------|---|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |                 | 25                  |   | 12              |                     |   |
| MOLDE N°              | 1               |                 | 2                   |   | 3               |                     |   |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | % | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | % |
| 05/09/2023            | 0               | 0.0             |                     |   | 0.0             |                     |   |
| 06/09/2023            | 24              | 7.5             |                     |   | 11.1            |                     |   |
| 07/09/2023            | 48              | 14.1            |                     |   | 18.2            |                     |   |
| 08/09/2023            | 72              | 21.8            |                     |   | 27.4            |                     |   |
| 09/09/2023            | 96              | 25.3            |                     |   | 40.0            |                     |   |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

|   |  |                 |         |   |                 |         |   |                 |         |   |
|---|--|-----------------|---------|---|-----------------|---------|---|-----------------|---------|---|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |         |   | 25 GOLPES       |         |   | 12 GOLPES       |         |   |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  |                 |         |   |                 |         |   |                 |         |   |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | MOLDE N°        |         |   | MOLDE N°        |         |   | MOLDE N°        |         |   |
|   |  | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | % | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | % | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | % |
| 0                                       |  | DIAL            | psi     | % | DIAL            | psi     | % | DIAL            | psi     | % |
| 0.025                                   |  | 0.0 Kg          | 0       | 0 | 0.0 Kg          | 0       | 0 | 0.0 Kg          | 0       | 0 |
| 0.050                                   |  | 62.5 Kg         |         |   | 52.1 Kg         |         |   | 32.6 Kg         |         |   |
| 0.075                                   |  | 111.3 Kg        |         |   | 92.8 Kg         |         |   | 56.6 Kg         |         |   |
| 0.100                                   | 1000                                   | 155.0 Kg        |         |   | 126.0 Kg        |         |   | 76.6 Kg         |         |   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 180.9 Kg        |         |   | 139.1 Kg        |         |   | 82.4 Kg         |         |   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 223.1 Kg        |         |   | 181.4 Kg        |         |   | 111.5 Kg        |         |   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 249.0 Kg        |         |   | 190.7 Kg        |         |   | 126.2 Kg        |         |   |
| 0.500                                   | 2600                                   | 270.3 Kg        |         |   | 219.2 Kg        |         |   | 141.4 Kg        |         |   |
|   |  | 292.4 Kg        |         |   | 247.4 Kg        |         |   | 150.4 Kg        |         |   |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 67: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> |  |
|--|---|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 30/06/23   |
| <b>Testistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |           |         |           |         |           |         |
|---------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11866.0gr |         | 11507.0gr |         | 11385.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |         |           |         |           |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |         |           |         |           |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2       | 3         | 4       | 5         | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr   | 17.31gr | 22.14gr   | 21.96gr | 22.16gr   | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 95.89gr   | 88.71gr | 95.81gr   | 95.57gr | 90.56gr   | 94.67gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 92.19gr   | 85.60gr | 92.32gr   | 92.07gr | 87.45gr   | 91.33gr |
| PESO DE AGUA                          |           |         |           |         |           |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |         |           |         |           |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12243.3gr | 12123.8gr | 12226.4gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |           |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |           |           |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

|                       |                 |                 |                     |    |                 |                     |    |                 |                     |   |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------------|----|-----------------|---------------------|----|-----------------|---------------------|---|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |                 |                     | 25 |                 |                     | 12 |                 |                     |   |
| MOLDE N°              | 1               |                 |                     | 2  |                 |                     | 3  |                 |                     |   |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %  | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %  | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | % |
| 05/09/2023            | 0               | 0.0             |                     |    | 0.0             |                     |    | 0.0             |                     |   |
| 06/09/2023            | 24              | 8.1             |                     |    | 11.7            |                     |    | 12.4            |                     |   |
| 07/09/2023            | 48              | 14.5            |                     |    | 18.6            |                     |    | 29.3            |                     |   |
| 08/09/2023            | 72              | 22.6            |                     |    | 28.5            |                     |    | 30.3            |                     |   |
| 09/09/2023            | 96              | 26.6            |                     |    | 43.8            |                     |    | 46.1            |                     |   |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

|   |  |                 |          |   |                 |          |   |                 |          |   |
|---|--|-----------------|----------|---|-----------------|----------|---|-----------------|----------|---|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |          |   | 25 GOLPES       |          |   | 12 GOLPES       |          |   |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |          |   | MOLDE N°        |          |   | MOLDE N°        |          |   |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATR | % | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATR | % | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATR | % |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0        | 0 | 0.0 Kg          | 0        | 0 | 0.0 Kg          | 0        | 0 |
| 0.025                                   |  | 69.9 Kg         |          |   | 53.5 Kg         |          |   | 40.1 Kg         |          |   |
| 0.050                                   |  | 119.0 Kg        |          |   | 93.3 Kg         |          |   | 70.3 Kg         |          |   |
| 0.075                                   |  | 139.1 Kg        |          |   | 121.4 Kg        |          |   | 103.3 Kg        |          |   |
| 0.100                                   | 1000                                   | 154.4 Kg        |          |   | 137.1 Kg        |          |   | 110.9 Kg        |          |   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 176.5 Kg        |          |   | 158.0 Kg        |          |   | 121.3 Kg        |          |   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 204.0 Kg        |          |   | 169.1 Kg        |          |   | 139.7 Kg        |          |   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 221.5 Kg        |          |   | 193.9 Kg        |          |   | 149.4 Kg        |          |   |
| 0.500                                   | 2600                                   | 226.6 Kg        |          |   | 201.2 Kg        |          |   | 153.4 Kg        |          |   |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 68: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> |  |
|--|---|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN –CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 05/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |           |         |           |         |           |         |
|---------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11880.0gr |         | 11532.0gr |         | 11404.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |         |           |         |           |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |         |           |         |           |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2       | 3         | 4       | 5         | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr   | 17.31gr | 22.14gr   | 21.96gr | 22.16gr   | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 92.27gr   | 89.90gr | 89.22gr   | 93.85gr | 94.12gr   | 89.64gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 89.39gr   | 87.08gr | 86.60gr   | 90.93gr | 91.22gr   | 87.15gr |
| PESO DE AGUA                          |           |         |           |         |           |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |         |           |         |           |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12250.7gr | 12144.3gr | 12265.0gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |           |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |           |           |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |         | 25            |         | 12            |         |               |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
| MOLDE N°              | 1               |         | 2             |         | 3             |         |               |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO |
|                       |                 | 0.001pg | mm %          | 0.001pg | mm %          | 0.001pg | mm %          |
| 05/09/2023            | 0               | 0.0     |               | 0.0     |               | 0.0     |               |
| 06/09/2023            | 24              | 8.2     |               | 12.0    |               | 12.8    |               |
| 07/09/2023            | 48              | 15.3    |               | 18.0    |               | 28.7    |               |
| 08/09/2023            | 72              | 23.3    |               | 29.1    |               | 30.6    |               |
| 09/09/2023            | 96              | 27.0    |               | 44.1    |               | 46.1    |               |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

| 1 kg=2.20462262000000 lb                |                            | 56 GOLPES       |         |   | 25 GOLPES       |         |   | 12 GOLPES       |         |   |
|---|----------------------------|-----------------|---------|---|-----------------|---------|---|-----------------|---------|---|
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |                            | MOLDE N°        |         |   | MOLDE N°        |         |   | MOLDE N°        |         |   |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT |   | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT |   | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT |   |
|   |                            | DIAL            | psi     | % | DIAL            | psi     | % | DIAL            | psi     | % |
| 0                                       |                            | 0.0 Kg          | 0       | 0 | 0.0 Kg          | 0       | 0 | 0.0 Kg          | 0       | 0 |
| 0.025                                   |                            | 80.4 Kg         |         |   | 63.4 Kg         |         |   | 51.5 Kg         |         |   |
| 0.050                                   |                            | 135.8 Kg        |         |   | 113.4 Kg        |         |   | 87.9 Kg         |         |   |
| 0.075                                   |                            | 168.9 Kg        |         |   | 138.5 Kg        |         |   | 108.1 Kg        |         |   |
| 0.100                                   | 1000                       | 182.9 Kg        |         |   | 155.5 Kg        |         |   | 121.1 Kg        |         |   |
| 0.200                                   | 1500                       | 214.5 Kg        |         |   | 161.3 Kg        |         |   | 130.9 Kg        |         |   |
| 0.300                                   | 1900                       | 233.7 Kg        |         |   | 174.1 Kg        |         |   | 139.9 Kg        |         |   |
| 0.400                                   | 2300                       | 241.5 Kg        |         |   | 195.9 Kg        |         |   | 154.8 Kg        |         |   |
| 0.500                                   | 2600                       | 259.8 Kg        |         |   | 212.0 Kg        |         |   | 167.7 Kg        |         |   |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 69: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> |  |
|---|---|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO ANIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 10/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|  |         |   |                        |
|--|---------|---|------------------------|
| Clasificacion SUCS= CL-ML<br>Clasificacion ASTTHO= A-4 (0) |         | DATOS DEL MOLDE (cm)                        |                        |
| COORDENADAS UTM  |         | CALICATA C-02                               |                        |
| X  | Y       | Altura                                      | 12.00cm                |
| 182971   | 8503378 | Diametro                                    | 15.00cm                |
|  |         | Volumen                                     | 2120.58cm <sup>3</sup> |
|  |         | Peso  | 7384.00gr              |
|  |         | SUCS CL-ML<br>ACEITE 8.00%<br>SABILA 75.00% |                        |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |           |         |           |         |           |         |
|---------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11917.0gr |         | 11540.0gr |         | 11444.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |         |           |         |           |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |         |           |         |           |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2       | 3         | 4       | 5         | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr   | 17.31gr | 22.14gr   | 21.96gr | 22.16gr   | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 91.04gr   | 95.13gr | 92.79gr   | 94.73gr | 94.28gr   | 94.91gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 88.14gr   | 91.80gr | 89.84gr   | 91.62gr | 91.20gr   | 91.90gr |
| PESO DE AGUA                          |           |         |           |         |           |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |         |           |         |           |         |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |           |    |           |
|--|-----------|----|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25 | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2  | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12259.0gr |    | 12179.3gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr |    | 11550.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |    |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |    |           |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

|                       |                 |                 |                       |  |                 |                       |  |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|--|-----------------|-----------------------|--|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |                 | 25                    |  | 12              |                       |  |
| MOLDE N°              | 1               |                 | 2                     |  | 3               |                       |  |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm % |  | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm % |  |
| 05/09/2023            | 0               | 0.0             |                       |  | 0.0             |                       |  |
| 06/09/2023            | 24              | 7.6             |                       |  | 11.2            |                       |  |
| 07/09/2023            | 48              | 14.3            |                       |  | 18.5            |                       |  |
| 08/09/2023            | 72              | 23.3            |                       |  | 28.1            |                       |  |
| 09/09/2023            | 96              | 26.4            |                       |  | 42.7            |                       |  |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

|   |  |                 |          |   |                 |          |   |                 |          |   |
|---|--|-----------------|----------|---|-----------------|----------|---|-----------------|----------|---|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |          |   | 25 GOLPES       |          |   | 12 GOLPES       |          |   |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  |                 |          |   |                 |          |   |                 |          |   |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | MOLDE N°        |          |   | MOLDE N°        |          |   | MOLDE N°        |          |   |
|   |  | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATF | % | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATF | % | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATF | % |
| 0                                       |  | DIAL            | psi      | % | DIAL            | psi      | % | DIAL            | psi      | % |
| 0.025                                   |  | 0.0             | 0        | 0 | 0.0             | 0        | 0 | 0.0             | 0        | 0 |
| 0.050                                   |  | 69.5 Kg         |          |   | 56.6 Kg         |          |   | 42.3 Kg         |          |   |
| 0.075                                   |  | 121.2 Kg        |          |   | 97.8 Kg         |          |   | 75.4 Kg         |          |   |
| 0.100                                   | 1000                                   | 164.8 Kg        |          |   | 131.3 Kg        |          |   | 103.6 Kg        |          |   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 192.4 Kg        |          |   | 144.8 Kg        |          |   | 112.1 Kg        |          |   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 210.7 Kg        |          |   | 167.4 Kg        |          |   | 135.6 Kg        |          |   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 229.0 Kg        |          |   | 195.5 Kg        |          |   | 146.0 Kg        |          |   |
| 0.500                                   | 2600                                   | 240.0 Kg        |          |   | 221.5 Kg        |          |   | 153.2 Kg        |          |   |
|   |  | 253.0 Kg        |          |   | 231.9 Kg        |          |   | 175.0 Kg        |          |   |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 70: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|---|--|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO ANIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 17/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 75.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |           |         |           |         |           |         |
|---------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11836.0gr |         | 11455.0gr |         | 11357.0gr |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         | 7384.0gr  |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |         |           |         |           |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |         |           |         |           |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |         |           |         |           |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA    | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2       | 3         | 4       | 5         | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr   | 17.31gr | 22.14gr   | 21.96gr | 22.16gr   | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 91.79gr   | 91.40gr | 90.92gr   | 92.32gr | 88.09gr   | 90.68gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 88.69gr   | 88.32gr | 87.96gr   | 89.25gr | 85.38gr   | 87.97gr |
| PESO DE AGUA                          |           |         |           |         |           |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |         |           |         |           |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |         |           |         |           |         |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12218.3gr | 12067.8gr | 12216.7gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |           |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |           |           |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

|                       |                 |                 |                     |    |                 |                     |    |                 |                     |   |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------------|----|-----------------|---------------------|----|-----------------|---------------------|---|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |                 |                     | 25 |                 |                     | 12 |                 |                     |   |
| MOLDE N°              | 1               |                 |                     | 2  |                 |                     | 3  |                 |                     |   |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %  | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %  | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | % |
| 05/09/2023            | 0               | 0.0             |                     |    | 0.0             |                     |    | 0.0             |                     |   |
| 06/09/2023            | 24              | 8.3             |                     |    | 11.8            |                     |    | 12.5            |                     |   |
| 07/09/2023            | 48              | 14.5            |                     |    | 19.3            |                     |    | 29.4            |                     |   |
| 08/09/2023            | 72              | 23.6            |                     |    | 29.1            |                     |    | 30.7            |                     |   |
| 09/09/2023            | 96              | 26.7            |                     |    | 45.4            |                     |    | 47.9            |                     |   |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

|   |  |                 |          |   |                 |          |   |                 |          |   |
|---|--|-----------------|----------|---|-----------------|----------|---|-----------------|----------|---|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |          |   | 25 GOLPES       |          |   | 12 GOLPES       |          |   |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |          |   | MOLDE N°        |          |   | MOLDE N°        |          |   |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATF | % | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATF | % | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATF | % |
| 0                                       |  | DIAL            | psi      | % | DIAL            | psi      | % | DIAL            | psi      | % |
| 0.025                                   |  | 0.0 Kg          | 0        | 0 | 0.0 Kg          | 0        | 0 | 0.0 Kg          | 0        | 0 |
| 0.050                                   |  | 92.2 Kg         |          |   | 75.7 Kg         |          |   | 58.2 Kg         |          |   |
| 0.075                                   |  | 156.0 Kg        |          |   | 123.9 Kg        |          |   | 95.3 Kg         |          |   |
| 0.100                                   | 1000                                   | 179.1 Kg        |          |   | 142.8 Kg        |          |   | 114.2 Kg        |          |   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 194.1 Kg        |          |   | 150.4 Kg        |          |   | 123.2 Kg        |          |   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 218.5 Kg        |          |   | 168.5 Kg        |          |   | 141.9 Kg        |          |   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 238.3 Kg        |          |   | 184.9 Kg        |          |   | 157.0 Kg        |          |   |
| 0.500                                   | 2600                                   | 259.1 Kg        |          |   | 197.4 Kg        |          |   | 168.6 Kg        |          |   |
|   |  | 269.7 Kg        |          |   | 209.0 Kg        |          |   | 174.1 Kg        |          |   |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 71: Toma de datos: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> |  |
|--|---|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha</b>       | 22/07/23   |
| <b>Testistas:</b>  | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 75.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |           |           |           |         |         |         |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11899.0gr | 11576.0gr | 11451.0gr |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr  | 7384.0gr  | 7384.0gr  |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   |           |           |           |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             |           |           |           |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      |           |           |           |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         |           |           |           |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA    | ABAJO     | ARRIBA    | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1         | 2         | 3         | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr   | 17.31gr   | 22.14gr   | 21.98gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 94.11gr   | 89.26gr   | 93.75gr   | 87.87gr | 94.61gr | 91.24gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 91.31gr   | 86.73gr   | 91.04gr   | 85.63gr | 91.87gr | 88.80gr |
| PESO DE AGUA                          |           |           |           |         |         |         |
| PESO DE MUESTRA SECA                  |           |           |           |         |         |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |           |           |           |         |         |         |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            |           |           |           |         |         |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12264.3gr | 12210.4gr | 12288.1gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             |           |           |           |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |           |           |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25      | 12            |         |               |         |               |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
| MOLDE N°              | 1               | 2       | 3             |         |               |         |               |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | 56      |               | 25      |               | 12      |               |
|                       |                 | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | 0.001pg | mm            | 0.001pg | mm            |
| 05/09/2023            | 0               | 0.0     |               | 0.0     |               | 0.0     |               |
| 06/09/2023            | 24              | 8.5     |               | 12.1    |               | 12.9    |               |
| 07/09/2023            | 48              | 15.6    |               | 18.4    |               | 28.7    |               |
| 08/09/2023            | 72              | 24.0    |               | 30.1    |               | 31.9    |               |
| 09/09/2023            | 96              | 27.6    |               | 44.5    |               | 47.3    |               |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

| 1 kg=2.20462262000000 lb                |                            | 56 GOLPES       |     |         | 25 GOLPES       |     |         | 12 GOLPES       |     |         |
|---|----------------------------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |                            | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT |
|   |                            | DIAL            | psi |         | DIAL            | psi |         | DIAL            | psi |         |
| 0                                       |                            | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       |
| 0.025                                   |                            | 92.1 Kg         |     |         | 75.4 Kg         |     |         | 56.3 Kg         |     |         |
| 0.050                                   |                            | 145.8 Kg        |     |         | 120.1 Kg        |     |         | 93.6 Kg         |     |         |
| 0.075                                   |                            | 173.9 Kg        |     |         | 140.2 Kg        |     |         | 111.5 Kg        |     |         |
| 0.100                                   | 1000                       | 191.0 Kg        |     |         | 158.0 Kg        |     |         | 121.0 Kg        |     |         |
| 0.200                                   | 1500                       | 205.8 Kg        |     |         | 175.8 Kg        |     |         | 137.0 Kg        |     |         |
| 0.300                                   | 1900                       | 218.1 Kg        |     |         | 185.2 Kg        |     |         | 146.7 Kg        |     |         |
| 0.400                                   | 2300                       | 236.3 Kg        |     |         | 195.4 Kg        |     |         | 148.5 Kg        |     |         |
| 0.500                                   | 2800                       | 247.7 Kg        |     |         | 205.9 Kg        |     |         | 166.1 Kg        |     |         |

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.10. Ensayo de Permeabilidad de los suelos

#### a) Equipos

- Molde de metal de 6" con collarín
- Pisón de compactación
- Balanza de precisión
- Permeámetro de carga variable
- Recipientes
- Bandejas
- Embudo
- Cucharones
- Espátula

#### b) Procedimiento

- Se prepara la muestra en una cantidad aproximada de 5 Kg previamente tamizada, la cual pasó por el tamiz N°4 y también fue secada en el horno para así determinar la cantidad de agua necesaria que se le agregará con mayor precisión.
- Posteriormente añadimos la cantidad de agua que faltaba para alcanzar la humedad óptima obtenida en el ensayo Proctor modificado. Para las dosificaciones mezclamos de manera proporcional en un recipiente aparte aceite quemado de motor, mucílago de sábila y agua según corresponda.
- Mezclamos la muestra con el respectivo porcentaje de agua o las distintas dosificaciones según sea el caso, y una vez se muestre uniforme procedemos a dividir la bandeja en 5 partes iguales con ayuda de la espátula.

**Figura 53:** Preparación de la mezcla para la dosificación 2



Fuente: Elaboración propia



- Colocamos la primera porción en el molde para la primera capa, lo extendemos y con ayuda del pisón aplicamos 25 golpes por cada capa hasta llegar a la 5ta capa.

**Figura 54:** *Compactación de la muestra de suelo*



Fuente: Elaboración propia

- Luego de la compactación, retiramos el collarín y nivelamos la superficie con ayuda de una regla o varilla metálica de manera que se tenga una superficie del todo plana.

**Figura 55:** *Nivelación de la superficie de la muestra*



Fuente: Elaboración propia



- Posteriormente colocamos el molde con la muestra en el permeámetro asegurando muy bien las tuercas del molde para evitar la existencia de algún punto de desfogue de agua y también colocamos sus respectivos filtros y jebes adecuadamente.

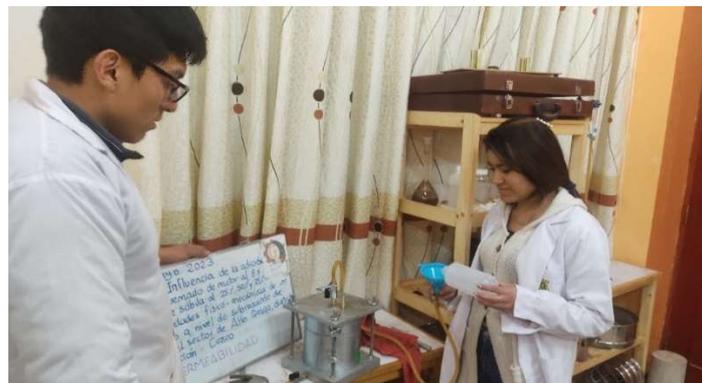
*Figura 56: Colocación de la muestra en el permeámetro*



Fuente: Elaboración propia

- Con ayuda de un embudo vertemos agua por medio del tubo de jebes instalado que sirve como conducto de agua para comprobar que el agua no salga por ninguna abertura del molde.

*Figura 57: Comprobación de inexistencia de desfogues de agua*



Fuente: Elaboración propia

- Procedemos a nivelar adecuadamente el tubo de vidrio de ingreso de agua y nos aseguramos de que todas las válvulas de entrada y salida se encuentren cerradas por completo.



**Figura 58:** Nivelación del tubo de ingreso de agua



Fuente: Elaboración propia

- Después, comenzamos a verter el agua en el tubo, hasta llegar a los 100 ml, registramos la hora inicial y procedemos a abrir las válvulas para ir verificando el descenso de agua según ciertos periodos de tiempo.

**Figura 59:** Ensayo de permeabilidad dosificación 2



Fuente: Elaboración propia



c) Toma de datos

Tabla 72: Toma de datos: Permeabilidad - calicata 01.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 30/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-01  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |    |
|---------------|----|
| <b>ACEITE</b> | 0% |
| <b>SABILA</b> | 0% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |          |                                   |                        |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b> |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | 15.24 cm | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)  | 15.00 cm               |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | 18 °C    | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)  | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 6.0 ml                                 | 100.0 ml        | 71.0 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 9.6 ml                                 | 100.0 ml        | 64.0 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 18.0 ml                                | 100.0 ml        | 42.0 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 26.4 ml                                | 100.0 ml        | 22.0 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 42.0 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 73: Toma de datos: Permeabilidad - calicata 02.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia:</b> |  |
| <b>Fecha:</b>      | 03/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |      |
|-----------------|------|
| <b>CALICATA</b> | C-02 |
| <b>SUCS</b>     | 0    |

|               |    |
|---------------|----|
| <b>ACEITE</b> | 0% |
| <b>SABILA</b> | 0% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |          |                                   |                        |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b> |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | 15.24 cm | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)  | 1.05                   |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | 18 °C    | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)  | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

mi-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 7.3 ml                                 | 100.0 ml        | 74.6 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 11.6 ml                                | 100.0 ml        | 67.2 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 21.8 ml                                | 100.0 ml        | 44.1 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 32.0 ml                                | 100.0 ml        | 23.1 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 50.9 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 74: Toma de datos: Permeabilidad - calicata 03.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia:</b> |  |
| <b>Fecha:</b>      | 08/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-03  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |    |
|---------------|----|
| <b>ACEITE</b> | 0% |
| <b>SABILA</b> | 0% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                               |          |   |                        |
|-------------------------------|----------|---|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b>      |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm | <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    | <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 7.7 ml                                 | 100.0 ml        | 73.1 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 12.3 ml                                | 100.0 ml        | 65.9 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 23.0 ml                                | 100.0 ml        | 43.2 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 33.8 ml                                | 100.0 ml        | 22.6 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 53.8 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 75: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 13/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 25% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |          |                                  |                        |
|--------------------------|----------|----------------------------------|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> |          |                                  |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | 15.24 cm | CORRECCION POR TEMPERATURA       | 1.05                   |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | 18 °C    | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L) | 15.00 cm               |
|                          |          | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A) | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 5.8 ml                                 | 100.0 ml        | 71.0 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 9.3 ml                                 | 100.0 ml        | 64.0 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 17.5 ml                                | 100.0 ml        | 42.0 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 25.6 ml                                | 100.0 ml        | 22.0 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 40.7 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 76: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 17/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 25% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                               |          |   |                        |
|-------------------------------|----------|---|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b>      |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       |                        |
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm | <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    | <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 7.0 ml                                 | 100.0 ml        | 74.6 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 11.2 ml                                | 100.0 ml        | 67.2 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 21.0 ml                                | 100.0 ml        | 44.1 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 30.7 ml                                | 100.0 ml        | 23.1 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 48.9 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 77: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 22/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 25% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |          |                                  |                        |
|--------------------------|----------|----------------------------------|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> |          |                                  |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | 15.24 cm | CORRECCION POR TEMPERATURA       | 1.05                   |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | 18 °C    | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L) | 15.00 cm               |
|                          |          | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A) | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 6.6 ml                                 | 100.0 ml        | 73.1 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 10.6 ml                                | 100.0 ml        | 65.9 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 19.9 ml                                | 100.0 ml        | 43.2 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 29.2 ml                                | 100.0 ml        | 22.6 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 46.4 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 78: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 27/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 50% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |          |                                   |                        |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b> |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | 15.24 cm | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)  | 15.00 cm               |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | 18 °C    | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)  | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 5.4 ml                                 | 100.0 ml        | 67.5 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 8.6 ml                                 | 100.0 ml        | 60.8 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 16.2 ml                                | 100.0 ml        | 39.9 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 23.8 ml                                | 100.0 ml        | 20.9 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 37.8 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 79: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 01/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 50% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

| DATOS DE ENTRADA:      |          |
|------------------------|----------|
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN | 15.24 cm |
| TEMPERATURA DEL AGUA   | 18 °C    |

|                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| CORRECCION POR TEMPERATURA       | 1.05                   |
| ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L) | 15.00 cm               |
| AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A) | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 6.3 ml                                 | 100.0 ml        | 73.8 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 10.0 ml                                | 100.0 ml        | 66.5 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 18.8 ml                                | 100.0 ml        | 43.7 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 20.6 ml                                | 100.0 ml        | 22.9 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 33.9 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 80: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 06/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 50% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |          |                                   |                        |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b> |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | 15.24 cm |                                   | 1.05                   |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | 18 °C    | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)  | 15.00 cm               |
|                          |          | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)  | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 5.6 ml                                 | 100.0 ml        | 69.4 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 9.0 ml                                 | 100.0 ml        | 62.6 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 16.9 ml                                | 100.0 ml        | 41.1 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 24.8 ml                                | 100.0 ml        | 21.5 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 39.5 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 81: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia:</b> |  |
| <b>Fecha:</b>      | 11/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 75% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |          |                                   |                        |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b> |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | 15.24 cm |                                   | 1.05                   |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | 18 °C    | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)  | 15.00 cm               |
|                          |          | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)  | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 4.8 ml                                 | 100.0 ml        | 63.9 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 7.7 ml                                 | 100.0 ml        | 57.6 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 14.4 ml                                | 100.0 ml        | 37.8 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 21.1 ml                                | 100.0 ml        | 19.8 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 33.6 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 82: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 18/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 75% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |          |                                   |                        |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b> |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | 15.24 cm | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)  | 15.00 cm               |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | 18 °C    | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)  | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 5.4 ml                                 | 100.0 ml        | 70.1 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 8.7 ml                                 | 100.0 ml        | 63.2 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 16.3 ml                                | 100.0 ml        | 41.5 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 23.9 ml                                | 100.0 ml        | 21.7 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 38.0 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 83: Toma de datos: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 24/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 75% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

| DATOS DE ENTRADA:      |          |
|------------------------|----------|
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN | 15.24 cm |
| TEMPERATURA DEL AGUA   | 18 °C    |

|                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| CORRECCION POR TEMPERATURA       | 1.05                   |
| ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L) | 15.00 cm               |
| AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A) | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s) | kcorregido (cm/s) | v (m/s) |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|----------|-------------------|---------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |          |                   |         |
| 1  | 12         | 5.1 ml                                 | 100.0 ml        | 76.3 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 2  | 24         | 8.1 ml                                 | 100.0 ml        | 68.8 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 3  | 48         | 15.2 ml                                | 100.0 ml        | 45.2 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 4  | 72         | 22.3 ml                                | 100.0 ml        | 23.7 ml    |            |                          |          |                   |         |
| 5  | 96         | 35.5 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     |            |                          |          |                   |         |

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Procedimientos de Análisis de Datos

#### 3.6.1. Determinación de Contenido de Humedad (MTC E 108)

a) Procesamiento de datos y cálculo

-Peso del Agua: Se refiere a la diferencia del peso húmedo y el peso seco.



-Contenido de humedad:

$$W = \frac{\text{peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100 \rightarrow W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

Donde:

- W = Contenido de humedad (%)
- $M_{CWS}$  = Peso del recipiente más suelo húmedo (gr)
- $M_{CS}$  = Peso del recipiente más suelos secado al horno (gr)
- $M_C$  = Peso del recipiente (gr)
- $M_W$  = Peso del agua (gr)
- $M_S$  = Peso de las partículas sólidas (gr)

b) Diagramas o tablas

**Tabla 84:** *Contenido de humedad - calicata 01.*

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Contenido de Humedad   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 108 Determinación de contenido de humedad de un suelo      |
| <b>Fecha:</b>      | 20/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-01  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0%    |
| <b>SABILA</b>   | 0%    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)**

|                             | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | PROMEDIO |
|-----------------------------|------------|------------|------------|----------|
| PESO DE CAPSULA             | 22.15      | 21.77      | 21.62      |          |
| PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO | 96.90      | 101.71     | 94.98      |          |
| PESO CAPS + MATERIAL SECO   | 92.12      | 97.00      | 90.00      |          |
| PESO DEL AGUA               | 4.78       | 4.71       | 4.98       |          |
| PESO DEL SUELO SECO         | 69.97      | 75.23      | 68.38      |          |
| CONTENIDO DE AGUA (%)       | 6.83%      | 6.26%      | 7.28%      | 6.79%    |

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = **6.79%**

Fuente: Elaboración propia



Figura 60: Gráfica de contenido de humedad - calicata 01



Fuente: Elaboración propia

Tabla 85: Contenido de humedad - calicata 02.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Contenido de Humedad   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 108 Determinación de contenido de humedad de un suelo      |
| <b>Fecha:</b>      | 20/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0%    |
| <b>SABILA</b>   | 0%    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)**

|                                    | MUESTRA 01   | MUESTRA 02   | MUESTRA 03   | PROMEDIO     |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>PESO DE CAPSULA</b>             | 27.90        | 29.42        | 29.42        |              |
| <b>PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO</b> | 122.92       | 115.33       | 125.12       |              |
| <b>PESO CAPS + MATERIAL SECO</b>   | 117.93       | 111.03       | 120.14       |              |
| <b>PESO DEL AGUA</b>               | 4.99         | 4.30         | 4.98         |              |
| <b>PESO DEL SUELO SECO</b>         | 90.03        | 81.61        | 90.72        |              |
| <b>CONTENIDO DE AGUA (%)</b>       | <b>5.54%</b> | <b>5.26%</b> | <b>5.48%</b> | <b>5.43%</b> |

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = **5.43%**

Fuente: Elaboración propia



Figura 61: Gráfica de contenido de humedad - calicata 02



Fuente: Elaboración propia

Tabla 86: Contenido de humedad - calicata 03.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Contenido de Humedad   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 108 Determinación de contenido de humedad de un suelo      |
| <b>Fecha:</b>      | 20/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-03  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0%    |
| <b>SABILA</b>   | 0%    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)**

|                             | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | PROMEDIO |
|-----------------------------|------------|------------|------------|----------|
| PESO DE CAPSULA             | 27.50      | 28.84      | 28.40      |          |
| PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO | 117.03     | 120.50     | 128.23     |          |
| PESO CAPS + MATERIAL SECO   | 112.15     | 115.37     | 123.00     |          |
| PESO DEL AGUA               | 4.88       | 5.13       | 5.23       |          |
| PESO DEL SUELO SECO         | 84.65      | 86.53      | 94.60      |          |
| CONTENIDO DE AGUA (%)       | 5.76%      | 5.93%      | 5.53%      | 5.74%    |

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = 5.74%

Fuente: Elaboración propia



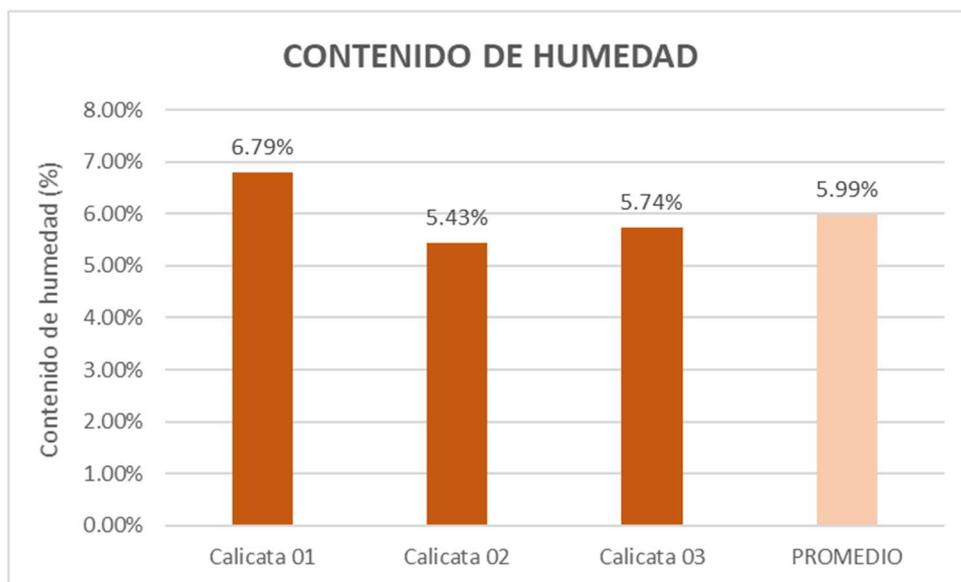
Figura 62: Gráfica de contenido de humedad - calicata 03



Fuente: Elaboración propia

c) Análisis del ensayo

Figura 63: Gráfica de contenidos de humedad – suelo natural



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos de las calicatas 01, 02 y 03 del suelo natural, obtenemos 6.79%, 5.43% y 5.74% de contenido de humedad respectivamente; por lo tanto, el promedio viene a ser de 5.99% siendo el contenido de humedad final del suelo en estudio.

### 3.6.2. Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado NTP 339.128 (MTC E 107-101)

a) Procesamiento de datos y cálculo



- Pérdida por lavado. - se calcula de la siguiente manera:

$$M_l = M_1 - M_2$$

Donde:

$M_l$ : Pérdida por lavado (gr)

$M_1$ : Masa de la fracción antes del lavado (gr)

$M_2$ : Masa de la fracción después del lavado (gr)

- Porcentaje retenido. - se calcula de la siguiente manera:

$$\%Retenido = \frac{M_r}{M_T} \times 100$$

Donde:

$M_r$ : Masa retenida en el tamiz (gr)

$M_T$ : Masa de la fracción antes del lavado (gr)

- Corrección retenido. - se calcula de la siguiente manera:

$$Corrección\ retenido = \frac{\%Retenido}{\sum \%Retenido} \times \%Error$$

- % Retenido corregido. - se calcula de la siguiente manera:

$$\%Retenido\ corregido = \%Retenido + Corrección\ retenido$$

- % Retenido corregido. - se calcula sumando los valores últimos y previos de %Retenido acumulado.

- % Que pasa. – se calcula de la siguiente manera:

$$\%Que\ pasa = 100\% - \%Retenido\ acumulado$$

- %Error. – es la diferencia entre la unidad (01) y la sumatoria de los porcentajes retenidos.
- Tamaño máximo absoluto. – se refiere al último tamiz por el cual pasa el 100% de la muestra de suelo.
- Tamaño máximo nominal. – se refiere al tamiz en el cual se presenta la primera retención de la muestra de suelo.
- D10.- se refiere a la abertura del tamiz por la que pasa el 10% de las partículas del suelo.
- D30.- se refiere a la abertura del tamiz por la que pasa el 30% de las partículas del suelo.
- D60.- se refiere a la abertura del tamiz por la que pasa el 60% de las partículas del suelo.
- Cu (Coeficiente de uniformidad). - Determina la uniformidad del suelo, si el Cu es menor o igual a 2 se considera uniforme, mientras que si es mayor o igual a 10 se trataría de un suelo con granulometría muy diversa.

Se calcula de la siguiente manera:



$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

- $C_c$  (Coeficiente de concavidad). – Nos brinda información sobre la gradación del suelo, un valor cercano a uno nos indica que el suelo está bien graduado (cuenta con proporciones equilibradas de arena, limo, arcilla), un valor alejado de la unidad nos indica que el suelo presenta una granulometría diversa. Por lo general los suelos bien graduados se compactan mejor y presentan permeabilidades y deformabilidad más bajas. Se calcula de la siguiente manera:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

- La clasificación AASHTO y SUCS se realizará de manera más detallada en los siguientes ítems.
- Para la realización de la curva granulométrica relacionaremos las aberturas de los tamices utilizados en el ensayo y los porcentajes que pasan por los mismos.

b) Diagramas o tablas



Tabla 87: Análisis Granulométrico por tamizado - calicata 01.

|  |                              |  |
|--|------------------------------|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Granulometría de suelos finos                                    |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 107 Analisis Granulometrico de Suelos por Tamizado         |
| <b>Fecha:</b>      | 21/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

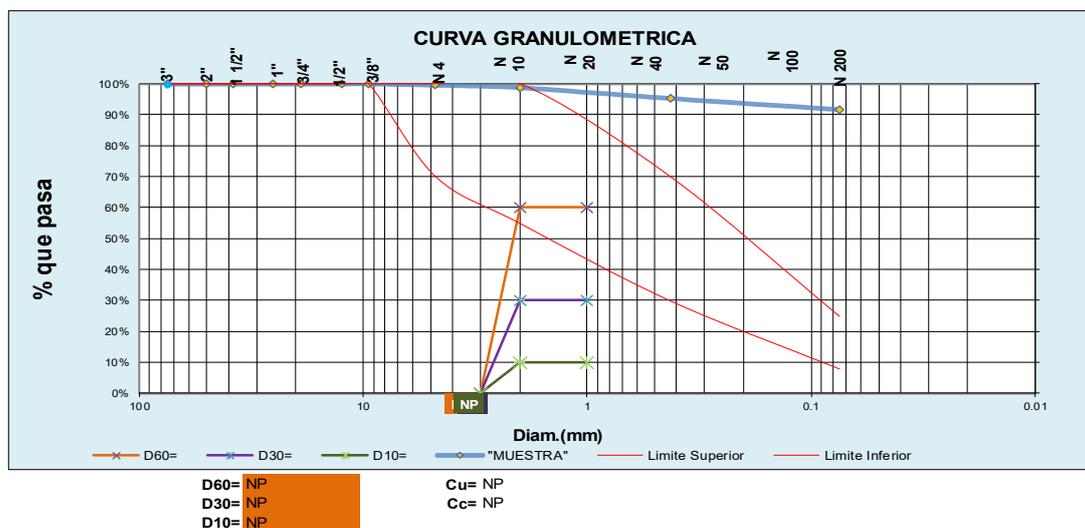
|                        |                 |       |                                    |          |
|------------------------|-----------------|-------|------------------------------------|----------|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | <b>CALICATA</b> | C-01  | <b>PESO SECO ANTES DE LAVADO</b>   | 264.37 g |
| <b>X</b>               | <b>SUCS</b>     | CL-ML | <b>PESO SECO DESPUES DE LAVADO</b> | 29.68 g  |
| 183045                 | <b>ACEITE</b>   | 0.00% | <b>PERDIDA EN PESO</b>             | 234.69 g |
| <b>Y</b>               | <b>SABILA</b>   | 0.00% |                                    |          |
| 8503356                |                 |       |                                    |          |

| ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200 |           |               |            |                      |            | EG2013 - CARRETERAS<br>Gradación F |                 |          |
|--|-----------|---------------|------------|----------------------|------------|------------------------------------|-----------------|----------|
| Tamiz N°   | Diam.(mm) | Peso retenido | % retenido | % retenido acumulado | % que pasa | Limite Superior                    | Limite Inferior | Cumple?? |
| 3 pulg   | 75        | 0.00          | 0.00%      | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 2 pulg   | 50        | 0.00          | 0.00%      | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 1 1/2 pulg   | 38.1      | 0.00          | 0.00%      | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 1 pulg   | 25.4      | 0.00          | 0.00%      | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 3/4 pulg   | 19        | 0.00          | 0.00%      | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 1/2 pulg   | 12.5      | 0.00          | 0.00%      | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 3/8 pulg   | 9.5       | 0.00          | 0.00%      | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| N° 4   | 4.750     | 1.17          | 0.44%      | 0.44%                | 99.56%     | 100.00%                            | 70.00%          | SI       |
| N° 10  | 2.000     | 2.14          | 0.81%      | 1.25%                | 98.75%     | 100.00%                            | 55.00%          | SI       |
| N° 40  | 0.426     | 9.31          | 3.52%      | 4.78%                | 95.22%     | 70.00%                             | 30.00%          | NO       |
| N° 200   | 0.075     | 9.56          | 3.62%      | 8.39%                | 91.61%     | 25.00%                             | 8.00%           | NO       |
| bandeja  | 0.010     | 242.11        | 91.61%     | 100.00%              | 0.00%      |                                    |                 |          |
| <b>TOTAL</b>   |           | 264.29        | 100.00%    |                      |            |                                    |                 |          |

% de gruesos = 8.39%      % de la fracción gruesa retenida en la malla N 4 = 5.28% (Grava)  
 % de finos = 91.61%      % de la fracción gruesa pasa la malla N 4 = 94.72% (Arena)  
 % de grava = 0.44%  
 % de arena = 7.95%

**METODO DE COMPACTACION** A

Figura 64: Gráfica de Curva Granulométrica – calicata 01



Fuente: Elaboración propia



Tabla 88: Análisis Granulométrico por tamizado - calicata 02.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"**

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Granulometría de suelos finos                                    |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 107 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado         |
| <b>Fecha:</b>      | 21/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

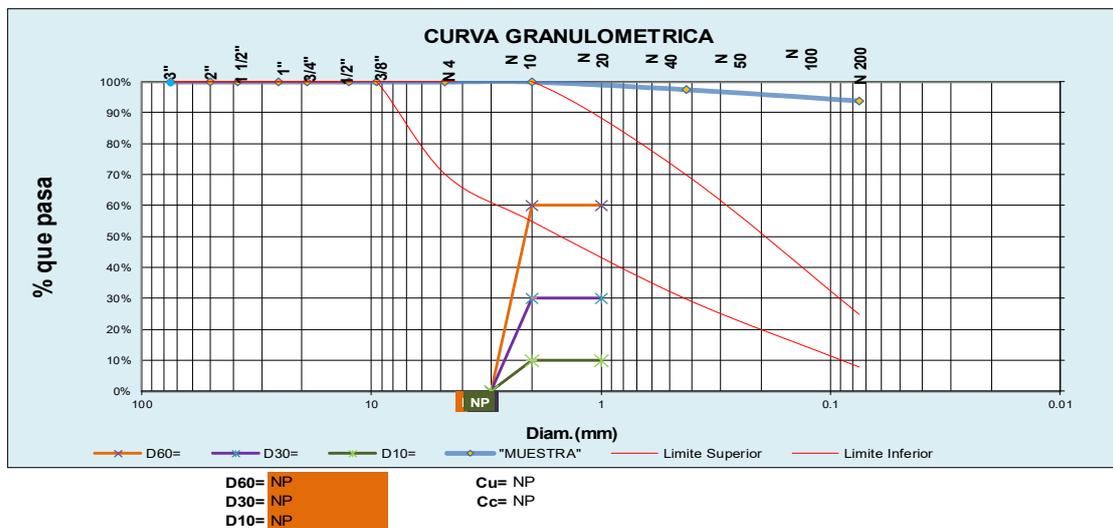
|                        |                      |  |
|------------------------|----------------------|--|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | <b>CALICATA</b> C-02 | <b>PESO SECO ANTES DE LAVADO</b> 279.00 g  |
| <b>X</b>               | <b>SUCS</b> CL-ML    | <b>PESO SECO DESPUES DE LAVADO</b> 29.68 g |
| 182971                 | <b>ACEITE</b> 0.00%  | <b>PERDIDA EN PESO</b> 249.32 g            |
| <b>Y</b>               | <b>SABILA</b> 0.00%  |  |
| 8503378                |                      |  |

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200 |           |               |                |                      |            | EG 2013 - CARRETERAS<br>Gradación F |                 |          |
|--|-----------|---------------|----------------|----------------------|------------|-------------------------------------|-----------------|----------|
| Tamiz N°   | Diam.(mm) | Peso retenido | % retenido     | % retenido acumulado | % que pasa | Limite Superior                     | Limite Inferior | Cumple?? |
| 3 pulg   | 75        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                             | 100.00%         | SI       |
| 2 pulg   | 50        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                             | 100.00%         | SI       |
| 1 1/2 pulg   | 38.1      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                             | 100.00%         | SI       |
| 1 pulg   | 25.4      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                             | 100.00%         | SI       |
| 3/4 pulg   | 19        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                             | 100.00%         | SI       |
| 1/2 pulg   | 12.5      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                             | 100.00%         | SI       |
| 3/8 pulg   | 9.5       | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                             | 100.00%         | SI       |
| N° 4   | 4.750     | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                             | 70.00%          | SI       |
| N° 10  | 2.000     | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                             | 55.00%          | SI       |
| N° 40  | 0.426     | 8.52          | 2.50%          | 2.50%                | 97.50%     | 70.00%                              | 30.00%          | NO       |
| N° 200   | 0.075     | 12.56         | 3.68%          | 6.18%                | 93.82%     | 25.00%                              | 8.00%           | NO       |
| bandeja  | 0.010     | 320.15        | 93.82%         | 100.00%              | 0.00%      |                                     |                 |          |
| <b>TOTAL</b>   |           | <b>341.23</b> | <b>100.00%</b> |                      |            |                                     |                 |          |

% de gruesos= 6.18%      % de la fracción gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)  
 % de finos= 93.82%      % de la fracción gruesa pasa la malla N 4= 100.00% (Arena)  
 % de grava= 0.00%  
 % de arena= 6.18%

MÉTODO DE COMPACTACION **A**

Figura 65: Gráfica de Curva Granulométrica – calicata 02



Fuente: Elaboración propia



Tabla 89: Análisis Granulométrico por tamizado - calicata 03.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Granulometría de suelos finos                                    |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 107 Analisis Granulometrico de Suelos por Tamizado         |
| <b>Fecha</b>       | 22/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

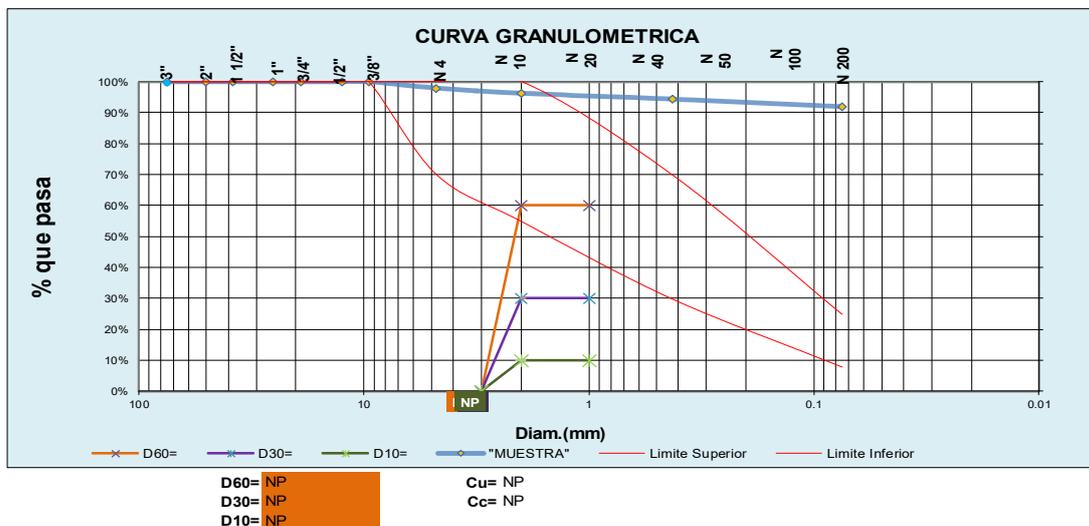
|                        |                 |       |                             |
|------------------------|-----------------|-------|-----------------------------|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | <b>CALICATA</b> | C-03  |                             |
| <b>X</b>               | <b>SUCS</b>     | CL-ML | PESO SECO ANTES DE LAVADO   |
| 182898                 | <b>ACEITE</b>   | 0.00% | 289.00 g                    |
| <b>Y</b>               | <b>SABILA</b>   | 0.00% | PESO SECO DESPUES DE LAVADO |
| 8503402                |                 |       | 32.23 g                     |
|                        |                 |       | PERDIDA EN PESO             |
|                        |                 |       | 256.77 g                    |

| ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200 |           |               |                |                      |            | EG2013 - CARRETERAS<br>Gradación F |                 |          |
|--|-----------|---------------|----------------|----------------------|------------|------------------------------------|-----------------|----------|
| Tamiz N°   | Diam.(mm) | Peso retenido | % retenido     | % retenido acumulado | % que pasa | Limite Superior                    | Limite Inferior | Cumple?? |
| 3 pulg   | 75        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 2 pulg   | 50        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 1 1/2 pulg   | 38.1      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 1 pulg   | 25.4      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 3/4 pulg   | 19        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 1/2 pulg   | 12.5      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| 3/8 pulg   | 9.5       | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%    | 100.00%                            | 100.00%         | SI       |
| N° 4   | 4.750     | 10.33         | 2.05%          | 2.05%                | 97.95%     | 100.00%                            | 70.00%          | SI       |
| N° 10  | 2.000     | 8.45          | 1.68%          | 3.73%                | 96.27%     | 100.00%                            | 55.00%          | SI       |
| N° 40  | 0.426     | 9.44          | 1.87%          | 5.60%                | 94.40%     | 70.00%                             | 30.00%          | NO       |
| N° 200   | 0.075     | 12.23         | 2.43%          | 8.03%                | 91.97%     | 25.00%                             | 8.00%           | NO       |
| bandeja  | 0.010     | 463.33        | 91.97%         | 100.00%              | 0.00%      |                                    |                 |          |
| <b>TOTAL</b>   |           | <b>503.78</b> | <b>100.00%</b> |                      |            |                                    |                 |          |

% de gruesos= 8.03%      % de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 25.54% (Grava)  
 % de finos= 91.97%      % de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 74.46% (Arena)  
 % de grava= 2.05%  
 % de arena= 5.98%

METODO DE COMPACTACION **A**

Figura 66: Gráfica de Curva Granulométrica – calicata 03



Fuente: Elaboración propia



c) Análisis del ensayo

En la calicata 01 se obtuvo, como resultado del ensayo de granulometría, que el porcentaje de gruesos es de 8.39%, el porcentaje de grava es de 0.44%, el porcentaje de arena es de 7.95% y el porcentaje de finos (valor del porcentaje retenido y corregido pasante del tamiz N° 200) es de 91.61%.

En la calicata 02 se obtuvo como resultado del ensayo de granulometría, que el porcentaje de gruesos es de 6.18%, el porcentaje de grava es de 0%, el porcentaje de arena es de 6.18% y el porcentaje de finos es de 93.82%.

En la calicata 03 se obtuvo como resultado del ensayo de granulometría, que el porcentaje de gruesos es de 8.03%, el porcentaje de grava es de 2.05%, el porcentaje de arena es de 5.98% y el porcentaje de finos es de 91.97%.

Por lo tanto, la vía de la A.P.V. Villa Unión, Alto Qosqo presenta un mayor porcentaje de finos que sobrepasan el 90% según las 3 calicatas realizadas.

### 3.6.3. Ensayo de Límite Líquido (MTC E 110)

a) Procesamiento de datos y cálculos

- Peso del agua. - se calcula de la siguiente manera:

$$M_w = M_{cws} - M_{cs}$$

Donde:

$M_w$ : Peso del agua (gr)

$M_{cws}$ : Peso de la cápsula + muestra húmeda (gr)

$M_{cs}$ : Peso de la cápsula + muestra seca (gr)

- Peso de la muestra Seca. - se calcula de la siguiente manera:

$$M_s = M_{cs} - M_c$$

Donde:

$M_{cs}$ : Peso de la cápsula + muestra seca (gr)

$M_s$ : Peso de la muestra seca (gr)

$M_c$ : Peso de la cápsula (gr)

- Contenido de humedad. - se calcula de la siguiente manera:



$$W = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

$M_w$ : Peso del agua (gr)

$M_s$ : Peso de la muestra seca (gr)

W: Contenido de humedad (%)

- Se procedió a la determinación de límite líquido mediante el diagrama de fluidez; en el cual se muestra el contenido de humedad en el eje de las ordenadas sobre la escala aritmética y el N° de golpes en el eje de las abscisas sobre una escala logarítmica. Este diagrama presenta una línea de tendencia logarítmica que pasa lo más cerca posible por los puntos obtenidos mediante el ensayo.
- Se determina el límite líquido tomando el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25.

b) Diagramas o tablas

**Tabla 90:** Límite líquido - calicata 01.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br><br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                       |
| <b>Fecha</b>       | 23/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

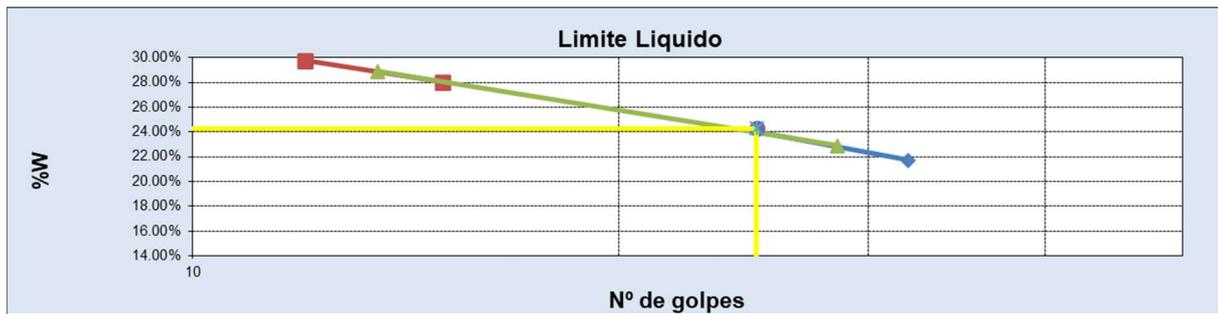
|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-01  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| N° de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 39.15  | 44.22  | 55.31  | 49.75  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.08  | 39.81  | 48.00  | 43.40  |
| peso de lata(gr)                | 21.94  | 21.47  | 21.93  | 22.05  |
| peso de suelo seco(gr)          | 14.14  | 18.34  | 26.07  | 21.35  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 17.21  | 22.75  | 33.38  | 27.70  |
| peso de agua(gr)                | 3.07   | 4.41   | 7.31   | 6.35   |
| contenido de humedad            | 21.71% | 24.05% | 28.04% | 29.74% |
| Numero de golpes;N              | 32     | 25     | 15     | 12     |
| LL aproximado                   | 22.37  | 24.05  | 26.36  | 27.21  |



Figura 67: Gráfica límite líquido - calicata 01.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 91: Límite líquido - calicata 02.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                       |
| <b>Fecha</b>       | 23/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

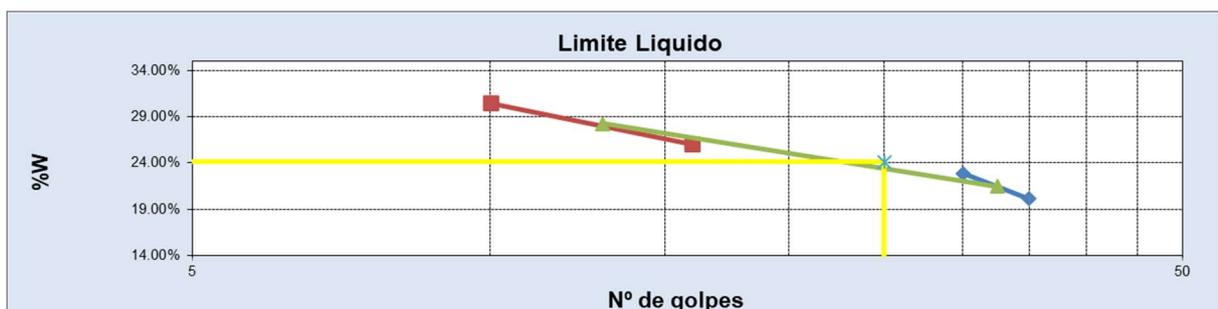
|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

**LÍMITE LÍQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 89.30  | 99.24  | 93.90  | 99.26  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 76.58  | 83.29  | 77.29  | 79.24  |
| peso de lata(gr)                | 13.43  | 13.54  | 13.53  | 13.55  |
| peso de suelo seco(gr)          | 63.15  | 69.75  | 63.76  | 65.69  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 75.87  | 85.70  | 80.37  | 85.71  |
| peso de agua(gr)                | 12.72  | 15.95  | 16.61  | 20.02  |
| contenido de humedad            | 20.14% | 22.86% | 26.05% | 30.48% |
| Numero de golpes;N              | 35     | 30     | 16     | 10     |
| LL aproximado                   | 20.98  | 23.37  | 24.68  | 27.28  |



Figura 68: Gráfica límite líquido - calicata 02



Fuente: Elaboración propia



Tabla 92: Límite líquido - calicata 03.

|   |                              |  |
|---|------------------------------|--|
|   | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA   |                              |  |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                       |
| <b>Fecha</b>       | 26/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

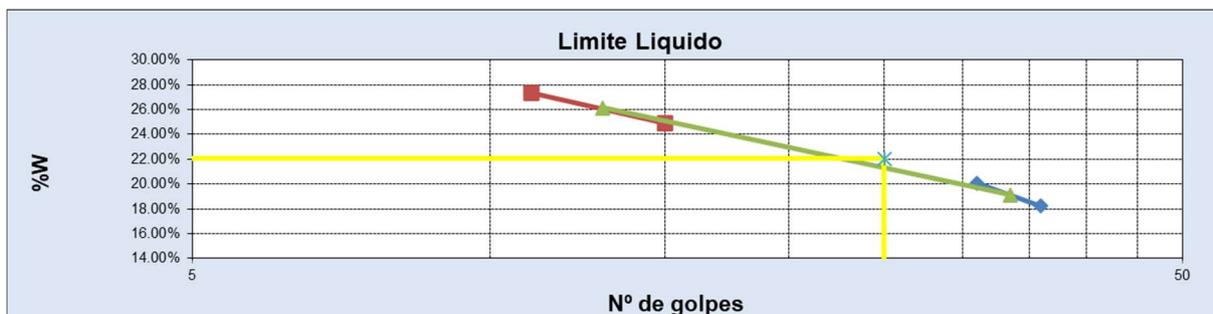
| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-03  |
|-----------------|---------|----------|-------|
| X               | Y       | SUCS     | CL-ML |
| 182898          | 8503402 | ACEITE   | 0.00% |
|                 |         | SABILA   | 0.00% |

**LÍMITE LÍQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 98.28  | 100.61 | 102.12 | 102.32 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 85.20  | 86.06  | 84.42  | 83.24  |
| peso de lata(gr)                | 13.45  | 13.55  | 13.44  | 13.53  |
| peso de suelo seco(gr)          | 71.75  | 72.51  | 70.98  | 69.71  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 84.83  | 87.06  | 88.68  | 88.79  |
| peso de agua(gr)                | 13.08  | 14.55  | 17.70  | 19.08  |
| contenido de humedad            | 18.24% | 20.06% | 24.94% | 27.37% |
| Numero de golpes;N              | 36     | 31     | 15     | 11     |
| LL aproximado                   | 19.06  | 20.59  | 23.45  | 24.78  |



Figura 69: Gráfica límite líquido - calicata 03



Fuente: Elaboración propia



Tabla 93: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|   |                              |  |
|---|------------------------------|--|
|   | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA   |                              |  |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                       |
| <b>Fecha</b>       | 09/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

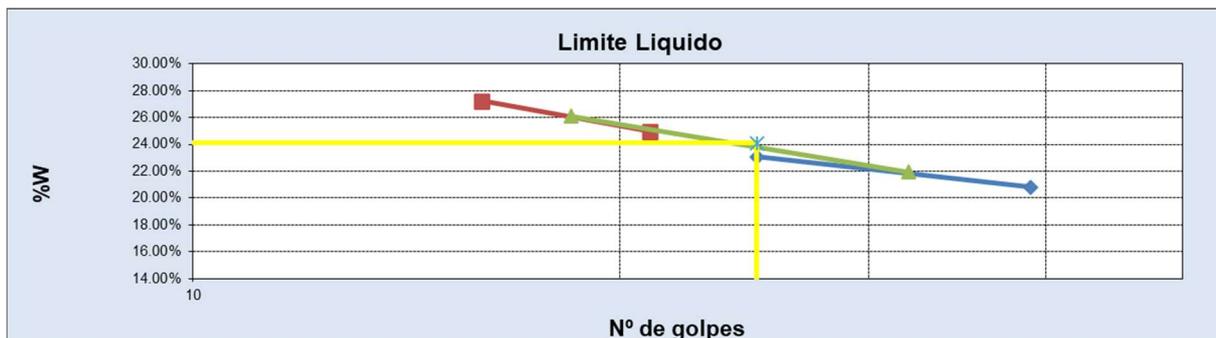
| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | CL-ML  |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 25.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.88  | 42.16  | 46.45  | 51.77  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.14  | 38.51  | 41.70  | 45.71  |
| peso de lata(gr)                | 22.96  | 22.68  | 22.68  | 23.47  |
| peso de suelo seco(gr)          | 13.18  | 15.83  | 19.02  | 22.24  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 15.92  | 19.48  | 23.77  | 28.30  |
| peso de agua(gr)                | 2.74   | 3.65   | 4.75   | 6.06   |
| contenido de humedad            | 20.81% | 23.08% | 24.96% | 27.23% |
| Numero de golpes;N              | 39     | 25     | 21     | 16     |
| LL aproximado                   | 21.96  | 23.08  | 24.44  | 25.80  |



Figura 70: Gráfica limite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1



Fuente: Elaboración propia



Tabla 94: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Líquido  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                      |
| <b>Fecha:</b>      | 09/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigyte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

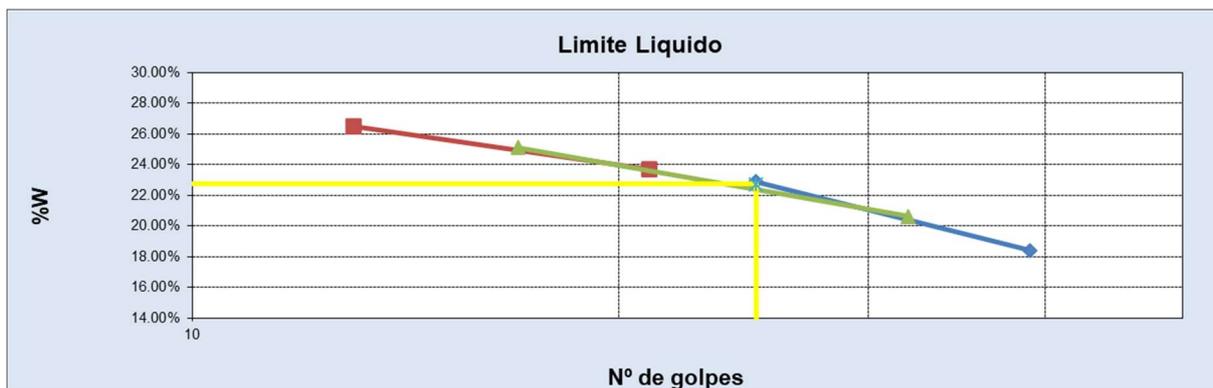
| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | CL-ML  |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 25.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.32  | 41.02  | 47.61  | 49.14  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.90  | 37.74  | 42.75  | 43.40  |
| peso de lata(gr)                | 22.77  | 23.41  | 22.27  | 21.75  |
| peso de suelo seco(gr)          | 13.13  | 14.33  | 20.48  | 21.65  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 15.55  | 17.61  | 25.34  | 27.39  |
| peso de agua(gr)                | 2.42   | 3.28   | 4.86   | 5.74   |
| contenido de humedad            | 18.41% | 22.88% | 23.71% | 26.51% |
| Numero de golpes:N              | 39     | 25     | 21     | 13     |
| LL aproximado                   | 19.43  | 22.88  | 23.22  | 24.49  |



Figura 71: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 95: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"**

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                       |
| <b>Fecha</b>       | 10/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

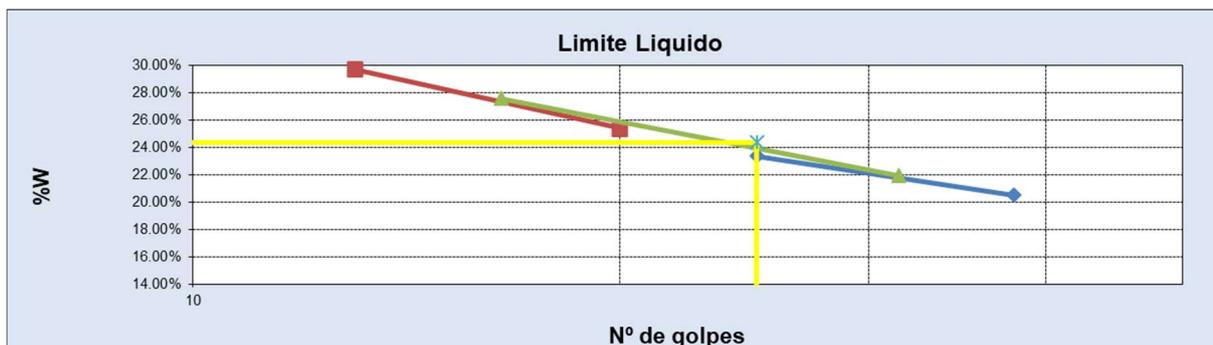
| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | CL-ML  |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 25.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| N° de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.80  | 41.30  | 46.99  | 52.11  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.00  | 37.90  | 42.22  | 45.55  |
| peso de lata(gr)                | 22.33  | 23.34  | 23.47  | 23.47  |
| peso de suelo seco(gr)          | 13.67  | 14.56  | 18.75  | 22.08  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 16.47  | 17.96  | 23.52  | 28.64  |
| peso de agua(gr)                | 2.80   | 3.40   | 4.77   | 6.56   |
| contenido de humedad            | 20.52% | 23.37% | 25.42% | 29.73% |
| Numero de golpes:N              | 38     | 25     | 20     | 13     |
| LL aproximado                   | 21.58  | 23.37  | 24.74  | 27.47  |



Figura 72: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3



Fuente: Elaboración propia



Tabla 96: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                       |
| <b>Fecha:</b>      | 28/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

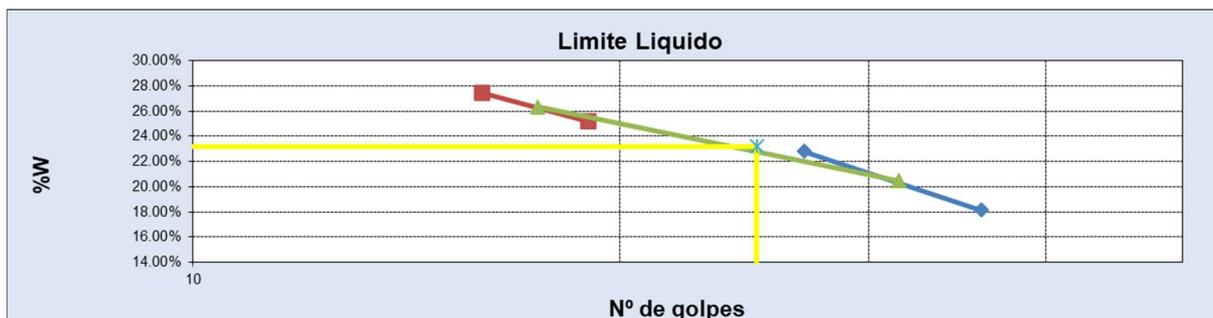
| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | CL-ML  |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 50.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| N° de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.64  | 42.04  | 47.75  | 48.58  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.04  | 38.43  | 42.52  | 42.85  |
| peso de lata(gr)                | 21.74  | 22.59  | 21.77  | 22     |
| peso de suelo seco(gr)          | 14.3   | 15.84  | 20.75  | 20.85  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 16.90  | 19.45  | 25.98  | 26.58  |
| peso de agua(gr)                | 2.60   | 3.61   | 5.23   | 5.73   |
| contenido de humedad            | 18.16% | 22.80% | 25.22% | 27.47% |
| Numero de golpes;N              | 36     | 27     | 19     | 16     |
| LL aproximado                   | 18.98  | 23.01  | 24.40  | 26.03  |



Figura 73: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1



Fuente: Elaboración propia



Tabla 97: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                       |
| <b>Fecha</b>       | 28/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

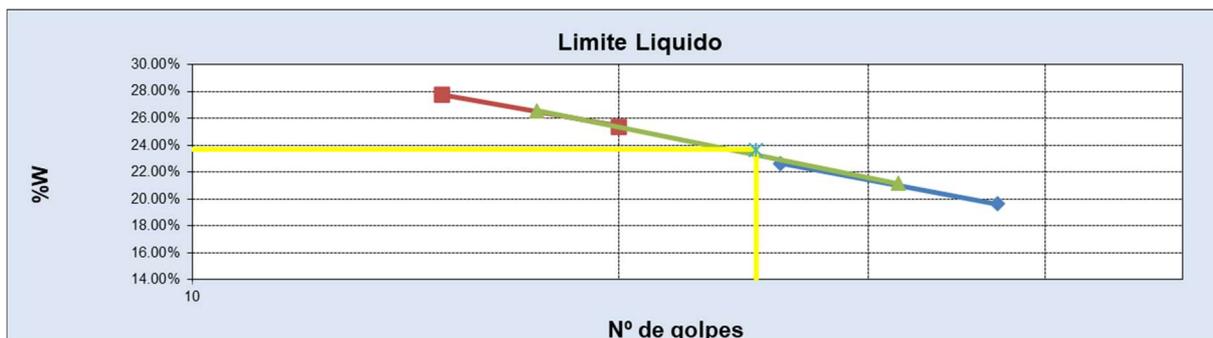
| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | CL-ML  |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 50.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| N° de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.37  | 42.64  | 47.86  | 49.98  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.89  | 38.90  | 42.65  | 43.88  |
| peso de lata(gr)                | 23.26  | 22.4   | 22.12  | 21.89  |
| peso de suelo seco(gr)          | 12.63  | 16.5   | 20.53  | 21.99  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 15.11  | 20.24  | 25.74  | 28.09  |
| peso de agua(gr)                | 2.48   | 3.74   | 5.21   | 6.10   |
| contenido de humedad            | 19.65% | 22.64% | 25.40% | 27.75% |
| Numero de golpes;N              | 37     | 26     | 20     | 15     |
| LL aproximado                   | 20.60  | 22.75  | 24.72  | 26.09  |



Figura 74: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 98: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|   |                              |  |
|---|------------------------------|--|
|   | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA   |                              |  |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                       |
| <b>Fecha</b>       | 01/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

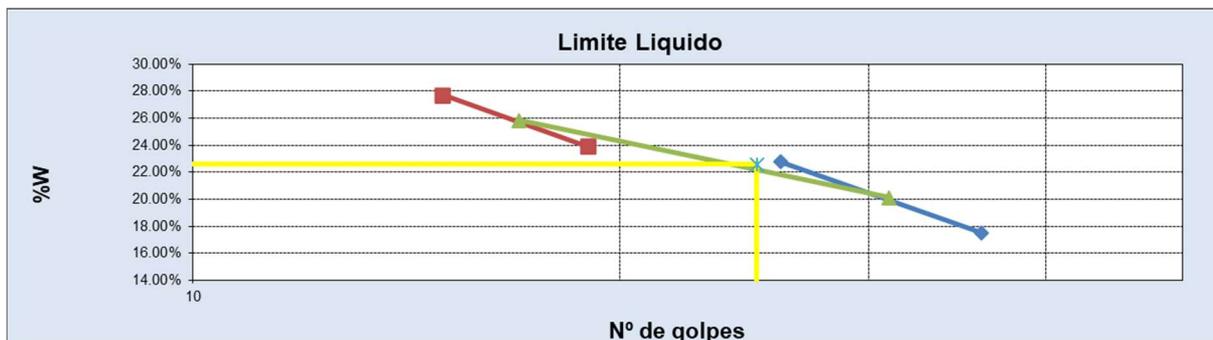
| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | CL-ML  |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 50.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.13  | 42.41  | 44.97  | 50.03  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.88  | 38.85  | 40.75  | 44.00  |
| peso de lata(gr)                | 23.06  | 23.22  | 23.11  | 22.25  |
| peso de suelo seco(gr)          | 12.82  | 15.63  | 17.64  | 21.75  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 15.07  | 19.19  | 21.86  | 27.78  |
| peso de agua(gr)                | 2.25   | 3.56   | 4.22   | 6.03   |
| contenido de humedad            | 17.53% | 22.76% | 23.93% | 27.73% |
| Numero de golpes;N              | 36     | 26     | 19     | 15     |
| LL aproximado                   | 18.32  | 22.87  | 23.15  | 26.07  |



Figura 75: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3



Fuente: Elaboración propia



Tabla 99: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                       |
| <b>Fecha</b>       | 12/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

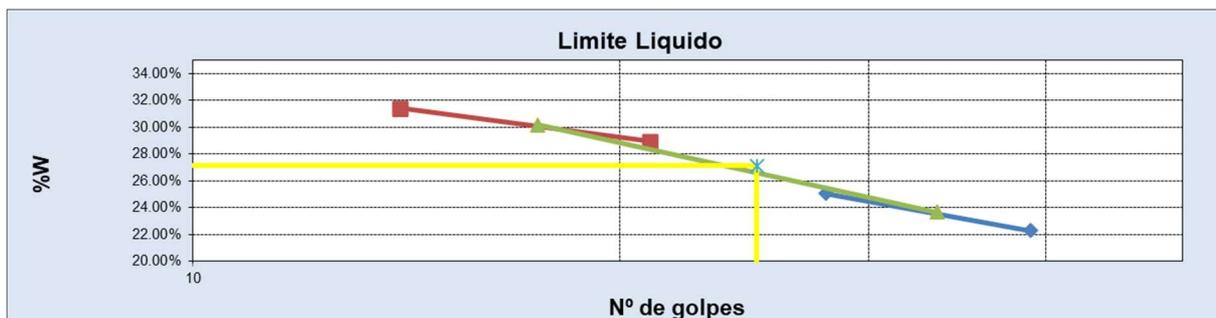
| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | CL-ML  |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 75.00% |

**LÍMITE LÍQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 51.10  | 48.30  | 39.70  | 39.80  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 45.78  | 43.05  | 35.75  | 35.52  |
| peso de lata(gr)                | 21.9   | 22.1   | 22.1   | 21.9   |
| peso de suelo seco(gr)          | 23.88  | 20.95  | 13.65  | 13.62  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 29.20  | 26.20  | 17.60  | 17.90  |
| peso de agua(gr)                | 5.32   | 5.25   | 3.95   | 4.28   |
| contenido de humedad            | 22.28% | 25.06% | 28.94% | 31.42% |
| Numero de golpes;N              | 39     | 28     | 21     | 14     |
| LL aproximado                   | 23.51  | 25.41  | 28.33  | 29.30  |



Figura 76: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1



Fuente: Elaboración propia



Tabla 100: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|   |                              |  |
|---|------------------------------|--|
|   | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA   |                              |  |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                       |
| <b>Fecha</b>       | 12/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

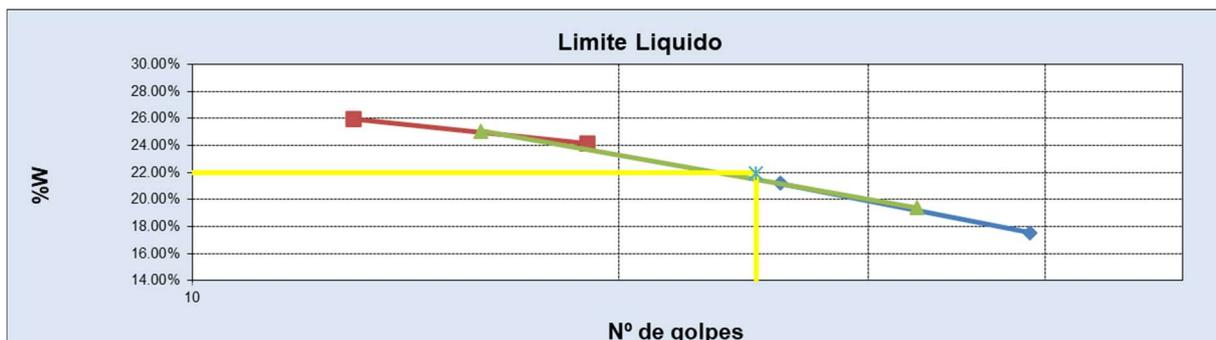
| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | CL-ML  |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 75.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.27  | 42.10  | 47.11  | 52.59  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.80  | 38.62  | 42.25  | 46.20  |
| peso de lata(gr)                | 21.75  | 22.22  | 22.15  | 21.59  |
| peso de suelo seco(gr)          | 14.05  | 16.4   | 20.1   | 24.61  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 16.52  | 19.88  | 24.96  | 31.00  |
| peso de agua(gr)                | 2.47   | 3.48   | 4.86   | 6.39   |
| contenido de humedad            | 17.55% | 21.22% | 24.16% | 25.97% |
| Numero de golpes;N              | 39     | 26     | 19     | 13     |
| LL aproximado                   | 18.52  | 21.32  | 23.37  | 24.00  |



Figura 77: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 101: Límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|   |                              |  |
|---|------------------------------|--|
|   | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA   |                              |  |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Líquido   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 110 Determinación del Límite Líquido                       |
| <b>Fecha:</b>      | 12/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

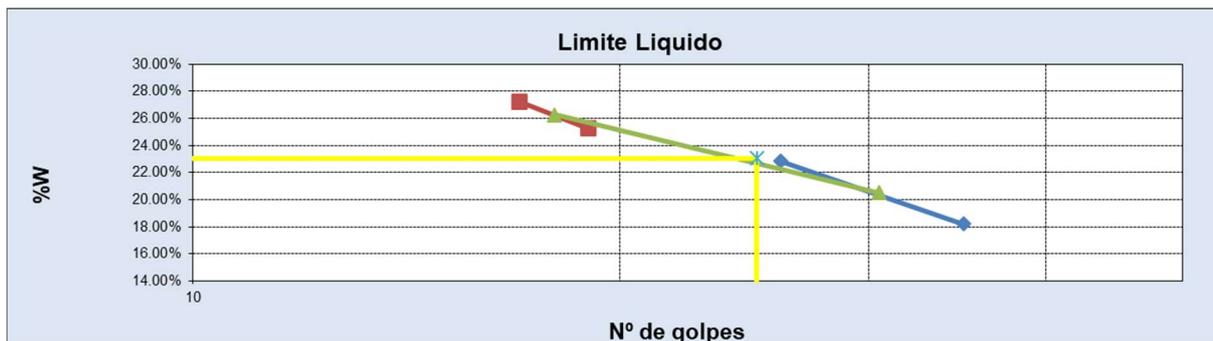
| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | CL-ML  |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 75.00% |

**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| N° de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 39.00  | 41.23  | 45.73  | 48.22  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.35  | 37.88  | 41.00  | 42.75  |
| peso de lata(gr)                | 21.78  | 23.19  | 22.31  | 22.66  |
| peso de suelo seco(gr)          | 14.57  | 14.69  | 18.69  | 20.09  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 17.22  | 18.04  | 23.42  | 25.56  |
| peso de agua(gr)                | 2.65   | 3.35   | 4.73   | 5.47   |
| contenido de humedad            | 18.20% | 22.83% | 25.29% | 27.24% |
| Numero de golpes;N              | 35     | 26     | 19     | 17     |
| LL aproximado                   | 18.96  | 22.93  | 24.46  | 26.00  |



Figura 78: Gráfica límite líquido suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3



Fuente: Elaboración propia

c) Análisis del ensayo

El ensayo de límite líquido es un dato relevante para el cálculo posterior del índice de plasticidad, el cual permitirá validar o no una de nuestras hipótesis planteadas; de igual



manera permite que podamos clasificar nuestro suelo mediante SUCS y AASHTO.

Según nuestros resultados a los 25 golpes para la dosificación 1 obtuvimos un límite líquido promedio de 23.74%, para la dosificación 2 obtuvimos un límite líquido promedio de 23.15% y para la dosificación 3 obtuvimos un límite líquido promedio de 24.05%.

**Tabla 102:** *Tabla resumen – Límites líquidos*

| MUESTRAS  | LÍMITE LÍQUIDO (%) |
|---|--------------------|
| Suelo natural - calicata 01                                       | 24.28%             |
| Suelo natural - calicata 02                                       | 24.10%             |
| Suelo natural - calicata 03                                       | 22.05%             |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 24.10%             |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 22.73%             |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 24.38%             |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - Promedio</b>        | <b>23.74%</b>      |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 23.20%             |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 23.66%             |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 22.58%             |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - Promedio</b>        | <b>23.15%</b>      |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 27.13%             |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 21.97%             |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 23.04%             |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - Promedio</b>        | <b>24.05%</b>      |

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4. Ensayo de Límite Plástico e índice de plasticidad (MTC E 111)

a) Procesamiento de datos y cálculos

- Peso del agua. - se calcula de la siguiente manera:

$$M_w = M_{cws} - M_{cs}$$

Donde:

$M_w$ : Peso del agua (gr)

$M_{cws}$ : Peso de la cápsula + muestra húmeda (gr)

$M_{cs}$ : Peso de la cápsula + muestra seca (gr)

- Peso de la muestra Seca. - se calcula de la siguiente manera:

$$M_s = M_{cs} - M_c$$

Donde:



$M_{cs}$ : Peso de la cápsula + muestra seca (gr)

$M_s$ : Peso de la muestra seca (gr)

$M_c$ : Peso de la cápsula (gr)

- Contenido de humedad. - se calcula de la siguiente manera:

$$W = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

$M_w$ : Peso del agua (gr)

$M_s$ : Peso de la muestra seca (gr)

W: Contenido de humedad (%)

- El Límite plástico será el valor promedio de los contenidos de humedad obtenidos para las dos (02) muestras evaluadas.
- Para determinar el Índice de Plasticidad emplearemos la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad (%)

LL: Límite líquido (%)

LP: Límite plástico (%)

- Para la determinación de los índices de plasticidad se trabajará con los valores promedio de límite líquido y plástico para cada tipo de muestra.

b) Diagramas o tablas



Tabla 103: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 01.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 23/05/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-01  |
|-----------------|---------|----------|-------|
| X               | Y       | SUCS     | 0     |
| 183045          | 8503356 | ACEITE   | 0.00% |
|                 |         | SABILA   | 0.00% |

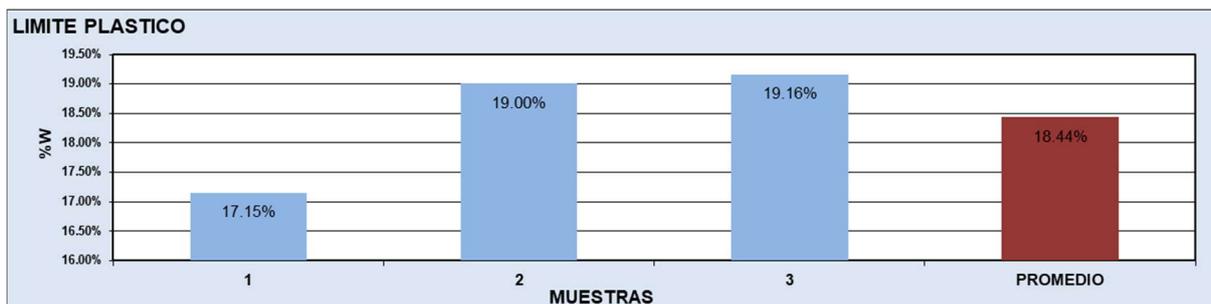
**LÍMITE PLÁSTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 24.99  | 24.22  | 24.61  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 24.52  | 23.80  | 24.20  |               |
| peso de lata(gr)              | 21.78  | 21.59  | 22.06  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 2.74   | 2.21   | 2.14   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 3.21   | 2.63   | 2.55   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.47   | 0.42   | 0.41   |               |
| contenido de humedad          | 17.15% | 19.00% | 19.16% | <b>18.44%</b> |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 24.28 |
| <b>LP=</b> | 18.44 |
| <b>IP=</b> | 5.84  |

Figura 79: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 01.



Fuente: Elaboración propia



Tabla 104: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 02.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plastico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plastico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 23/05/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02  |
|-----------------|---------|----------|-------|
| X               | Y       | SUCS     | 0     |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 0.00% |
|                 |         | SABILA   | 0.00% |

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.52  | 22.83  | 24.54  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 22.80  | 22.03  | 23.51  |               |
| peso de lata(gr)              | 18.15  | 17.99  | 17.95  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 4.65   | 4.04   | 5.56   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 5.37   | 4.84   | 6.59   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.72   | 0.80   | 1.03   |               |
| contenido de humedad          | 15.47% | 19.77% | 18.50% | <b>17.91%</b> |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 24.10 |
| <b>LP=</b> | 17.91 |
| <b>IP=</b> | 6.19  |

Figura 80: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 02.



Fuente: Elaboración propia



Tabla 105: Límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 03.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plastico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plastico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 26/05/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-03  |
| <b>SUCS</b>     | 0     |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

**LIMITE PLÁSTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.13  | 22.70  | 24.20  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 22.46  | 22.08  | 23.26  |               |
| peso de lata(gr)              | 18.33  | 18.16  | 17.93  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 4.13   | 3.92   | 5.33   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 4.80   | 4.54   | 6.27   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.67   | 0.62   | 0.94   |               |
| contenido de humedad          | 16.31% | 15.83% | 17.61% | <b>16.58%</b> |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 22.05 |
| <b>LP=</b> | 16.58 |
| <b>IP=</b> | 5.47  |

Figura 81: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad - calicata 03.



Fuente: Elaboración propia



Tabla 106: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha:</b>      | 09/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | 0      |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

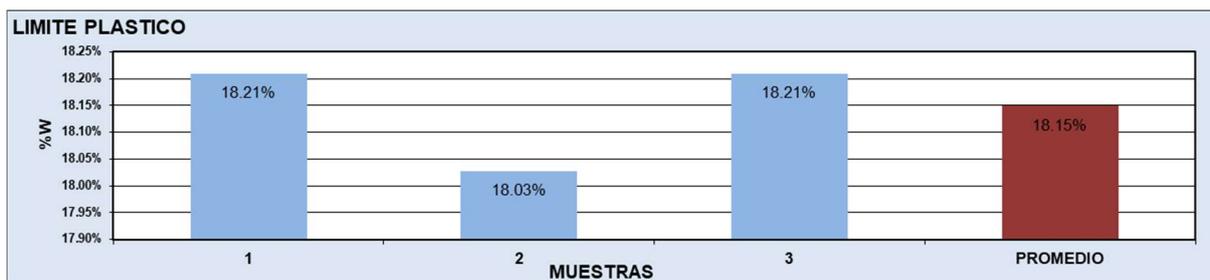
**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 24.01  | 23.77  | 23.74  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.79  | 23.60  | 23.42  |               |
| peso de lata(gr)              | 22.59  | 22.66  | 21.66  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.20   | 0.94   | 1.76   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.42   | 1.11   | 2.08   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.22   | 0.17   | 0.32   |               |
| contenido de humedad          | 18.21% | 18.03% | 18.21% | <b>18.15%</b> |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 24.10 |
| <b>LP=</b> | 18.15 |
| <b>IP=</b> | 5.95  |

Figura 82: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1



Fuente: Elaboración propia



Tabla 107: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plastico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plastico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 09/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | 0      |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

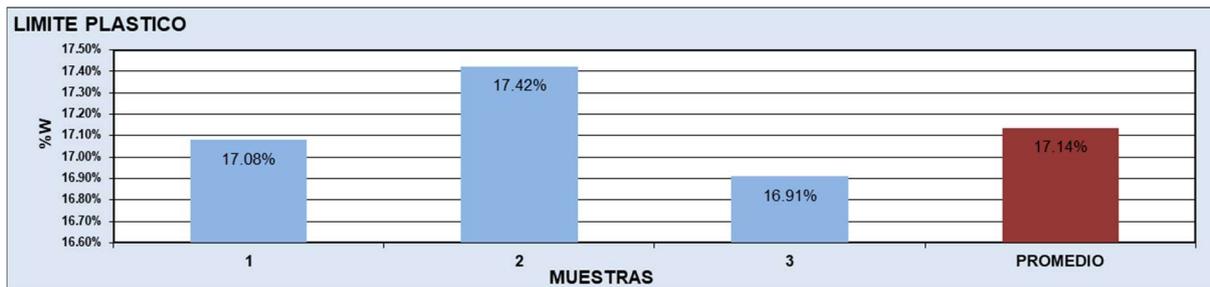
**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO |
|-------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.67  | 24.03  | 23.97  |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.44  | 23.74  | 23.73  |          |
| peso de lata(gr)              | 22.10  | 22.08  | 22.34  |          |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.34   | 1.66   | 1.39   |          |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.57   | 1.95   | 1.63   |          |
| peso de agua(gr)              | 0.23   | 0.29   | 0.24   |          |
| contenido de humedad          | 17.08% | 17.42% | 16.91% | 17.14%   |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 22.73 |
| <b>LP=</b> | 17.14 |
| <b>IP=</b> | 5.59  |

Figura 83: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 108: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha:</b>      | 10/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | 0      |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

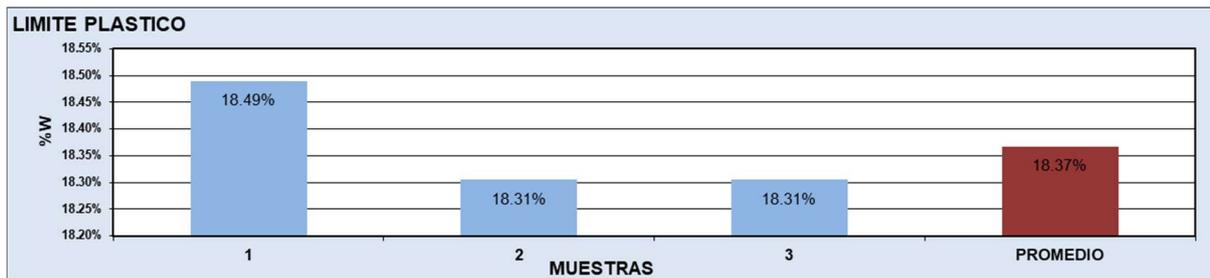
**LÍMITE PLÁSTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO |
|-------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.21  | 23.29  | 24.36  |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.12  | 23.13  | 23.97  |          |
| peso de lata(gr)              | 22.64  | 22.28  | 21.83  |          |
| peso de suelo seco(gr)        | 0.48   | 0.85   | 2.14   |          |
| peso de suelo húmedo(gr)      | 0.57   | 1.01   | 2.53   |          |
| peso de agua(gr)              | 0.09   | 0.16   | 0.39   |          |
| contenido de humedad          | 18.49% | 18.31% | 18.31% | 18.37%   |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 24.38 |
| <b>LP=</b> | 18.37 |
| <b>IP=</b> | 6.01  |

Figura 84: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3



Fuente: Elaboración propia



Tabla 109: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 28/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | 0      |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 50.00% |

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.42  | 23.52  | 23.31  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.12  | 23.37  | 23.14  |               |
| peso de lata(gr)              | 21.43  | 22.53  | 22.18  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.69   | 0.84   | 0.96   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.99   | 0.99   | 1.13   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.30   | 0.15   | 0.17   |               |
| contenido de humedad          | 17.75% | 17.75% | 18.11% | <b>17.87%</b> |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 23.20 |
| <b>LP=</b> | 17.87 |
| <b>IP=</b> | 5.33  |

Figura 85: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1



Fuente: Elaboración propia



Tabla 110: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plastico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plastico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 28/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | 0      |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

LÍMITE PLÁSTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.11  | 23.29  | 23.71  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.01  | 23.06  | 23.42  |               |
| peso de lata(gr)              | 22.50  | 21.81  | 21.92  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 0.51   | 1.25   | 1.50   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 0.61   | 1.48   | 1.79   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.10   | 0.23   | 0.29   |               |
| contenido de humedad          | 18.83% | 18.27% | 19.21% | <b>18.77%</b> |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 23.66 |
| <b>LP=</b> | 18.77 |
| <b>IP=</b> | 4.89  |

Figura 86: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 111: *Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3*

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plastico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plastico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 01/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | 0      |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 50.00% |

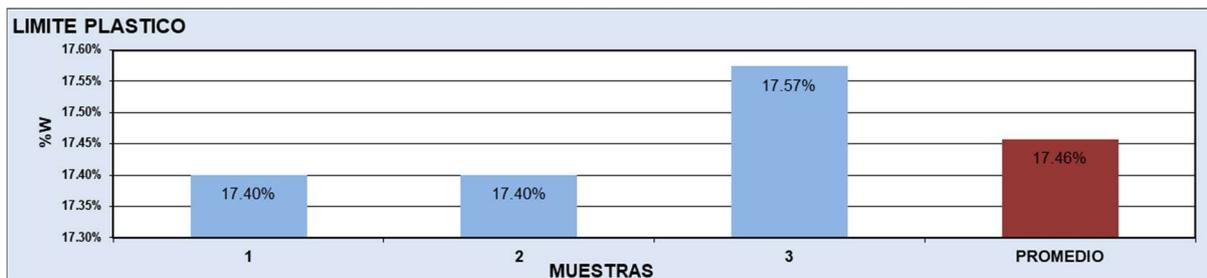
**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO |
|-------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.41  | 23.25  | 23.48  |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.15  | 23.06  | 23.22  |          |
| peso de lata(gr)              | 21.63  | 21.95  | 21.75  |          |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.52   | 1.11   | 1.47   |          |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.78   | 1.30   | 1.73   |          |
| peso de agua(gr)              | 0.26   | 0.19   | 0.26   |          |
| contenido de humedad          | 17.40% | 17.40% | 17.57% | 17.46%   |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 22.58 |
| <b>LP=</b> | 17.46 |
| <b>IP=</b> | 5.12  |

Figura 87: *Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3*



Fuente: Elaboración propia



Tabla 112: *Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1*

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 14/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         | CALICATA | C-02   |
|-----------------|---------|----------|--------|
| X               | Y       | SUCS     | 0      |
| 182971          | 8503378 | ACEITE   | 8.00%  |
|                 |         | SABILA   | 75.00% |

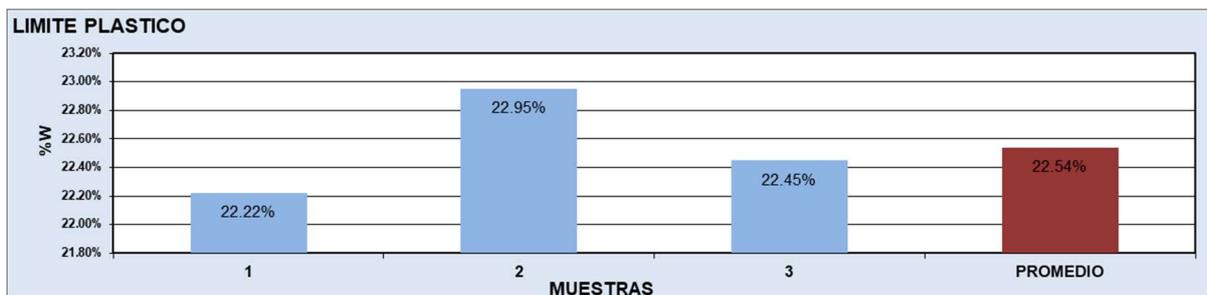
**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 18.40  | 26.20  | 23.10  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 18.20  | 25.92  | 22.88  |               |
| peso de lata(gr)              | 17.30  | 24.70  | 21.90  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 0.90   | 1.22   | 0.98   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.10   | 1.50   | 1.20   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.20   | 0.28   | 0.22   |               |
| contenido de humedad          | 22.22% | 22.95% | 22.45% | <b>22.54%</b> |



|            |              |
|------------|--------------|
| <b>LL=</b> | <b>27.13</b> |
| <b>LP=</b> | <b>22.54</b> |
| <b>IP=</b> | <b>4.59</b>  |

Figura 88: *Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1*



Fuente: Elaboración propia



Tabla 113: Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha:</b>      | 14/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | 0      |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 75.00% |

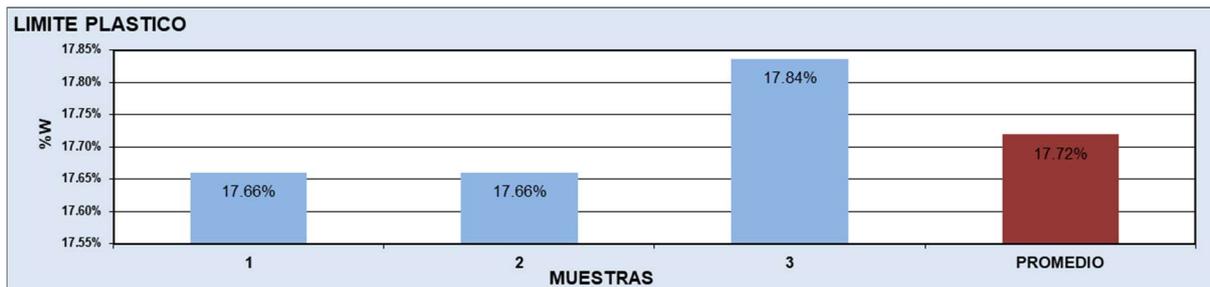
**LÍMITE PLÁSTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO |
|-------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.72  | 23.82  | 23.14  |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.49  | 23.49  | 23.04  |          |
| peso de lata(gr)              | 22.17  | 21.63  | 22.46  |          |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.32   | 1.86   | 0.58   |          |
| peso de suelo húmedo(gr)      | 1.55   | 2.19   | 0.68   |          |
| peso de agua(gr)              | 0.23   | 0.33   | 0.10   |          |
| contenido de humedad          | 17.66% | 17.66% | 17.84% | 17.72%   |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 21.97 |
| <b>LP=</b> | 17.72 |
| <b>IP=</b> | 4.25  |

Figura 89: Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 114: *Límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3*

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Límite Plástico   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad |
| <b>Fecha</b>       | 14/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez    |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | 0      |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 75.00% |

**LÍMITE PLÁSTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO |
|-------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.88  | 23.09  | 24.26  |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.68  | 23.01  | 24.00  |          |
| peso de lata(gr)              | 22.56  | 22.59  | 22.57  |          |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.12   | 0.42   | 1.43   |          |
| peso de suelo húmedo(gr)      | 1.32   | 0.50   | 1.69   |          |
| peso de agua(gr)              | 0.20   | 0.08   | 0.26   |          |
| contenido de humedad          | 18.13% | 18.13% | 18.49% | 18.25%   |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 23.04 |
| <b>LP=</b> | 18.25 |
| <b>IP=</b> | 4.79  |

Figura 90: *Gráfica límite plástico e Índice de plasticidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3*



Fuente: Elaboración propia

c) Análisis del ensayo

El ensayo de límite plástico es un dato relevante para el cálculo posterior del índice de plasticidad, el cual permitirá validar o no una de nuestras hipótesis planteadas; de igual manera permite que podamos clasificar nuestro suelo mediante SUCS y AASHTO.



Según nuestros resultados para la dosificación 1 obtuvimos un límite plástico promedio de 17.89%, para la dosificación 2 obtuvimos un límite plástico promedio de 18.03% y para la dosificación 3 obtuvimos un límite plástico promedio de 19.50%.

**Tabla 115:** *Tabla resumen – Límites Plásticos*

| MUESTRAS  | LÍMITE PLÁSTICO (%) |
|---|---------------------|
| Suelo natural - calicata 01                                       | 18.44%              |
| Suelo natural - calicata 02                                       | 17.91%              |
| Suelo natural - calicata 03                                       | 16.58%              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 18.15%              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 17.14%              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 18.37%              |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - Promedio</b>        | <b>17.89%</b>       |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 17.87%              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 18.77%              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 17.46%              |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - Promedio</b>        | <b>18.03%</b>       |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 22.54%              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 17.72%              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 18.25%              |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - Promedio</b>        | <b>19.50%</b>       |

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el índice de plasticidad obtenido del suelo natural fue de 6.19, para la dosificación 1 fue de 5.85%, para la dosificación 2 de 5.11% y para la dosificación 3 de 4.54%.

**Tabla 116:** *Límites de Atterberg*

| MUESTRAS  | LÍMITE LÍQUIDO (%) | LÍMITE PLÁSTICO (%) | ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) |
|---|--------------------|---------------------|---------------------------|
| Suelo natural - calicata 01                                       | 24.28%             | 18.44%              | 5.84%                     |
| Suelo natural - calicata 02                                       | 24.10%             | 17.91%              | <b>6.19%</b>              |
| Suelo natural - calicata 03                                       | 22.05%             | 16.58%              | 5.47%                     |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - promedio | 23.74%             | 17.89%              | <b>5.85%</b>              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - promedio | 23.15%             | 18.03%              | <b>5.11%</b>              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - promedio | 24.05%             | 19.50%              | <b>4.54%</b>              |

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.5. Clasificación de Suelos por el método SUCS

#### a) Procesamiento de datos y cálculos

Para la clasificación SUCS del suelo en estudio, es necesario principalmente tener los



resultados de ensayos como: Análisis Granulométrico, así como los Límites de Consistencia (Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de plasticidad)

Obteniendo los resultados de los ensayos antes mencionados, procederemos a relacionar el Límite Líquido del suelo con el Índice de Plasticidad respectivo, para así poder determinar el tipo de suelo en la Carta de plasticidad SUCS

Dentro de la Carta de plasticidad SUCS en suelos finos presenta líneas que nos ayudaran a clasificar el suelo, estas líneas son:

- Línea U: Se traza empleando la siguiente fórmula:

$$Ip = 0.9(LL - 8)$$

Donde:

$Ip$  = Índice de plasticidad (%)

$LL$  = Límite líquido (%)

- Línea A: Separa las arcillas de los limos y se traza empleando la siguiente fórmula:

$$Ip = 0.73(LL - 20)$$

Donde:

$Ip$  = Índice de plasticidad (%)

$LL$  = Límite líquido (%)

- Línea vertical media: Esta línea se traza para separar los suelos en dos grupos, si el Límite Líquido es menor a 50% será un suelo de tipo L (compresibilidad baja o media), de lo contrario será un suelo de tipo H (alta compresibilidad).
- Zona intermedia CL-ML. – estas líneas se trazarán para índices de plasticidad del 4 y 7% y se encontrarán delimitadas por las líneas U y A.

b) Diagramas y tablas



Tabla 117: Clasificación SUCS del suelo – calicata 01

|  |  |
|--|--|
| <p style="margin: 0;"><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b></p> <p style="margin: 0;"><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b></p> <p style="margin: 0;"><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b></p>  |  |
| <p><b>“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”</b></p> |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Clasificación de suelos  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

**SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)**

**Datos para la clasificación**

**De la granulometria**

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| % de gruesos= 8.39%  | Retenido en malla N 200= 8.39% |
| % de finos= 91.61%   | Retenido en malla N 4= 0.44%   |
| % de grava= 0.44%  |                                |
| % de arena= 7.95%  |                                |
| % de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 5.28% (Grava)<br>% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 94.72% (Arena) |                                |
| Cu= NP   |                                |
| Cc= NP   |                                |

**De los limites de consistencia**

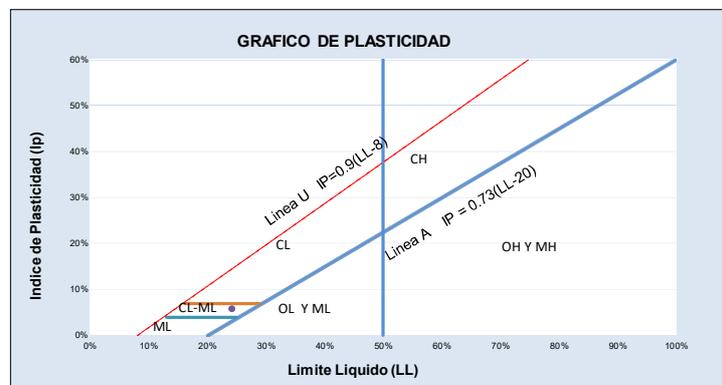
LL= 24.28  
 LP= 18.44  
 IP= 5.84

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

| CALICATA | C-01  |
|----------|-------|
| SUCS     | CL-ML |
| ACEITE   | 0.00% |
| SABILA   | 0.00% |

**CL-ML (SUCS) = Arcilla limosa de baja plasticidad**

Figura 91: Carta de plasticidad de Casagrande para suelos finos – Calicata 01



Fuente: Elaboración propia



Tabla 118: Clasificación SUCS del suelo – calicata 02



“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>   | Clasificación de suelos  |
| <b>Tesistas:</b> | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

**SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)**

**Datos para la clasificación**

**De la granulometria**

% de gruesos= 6.18%  
 % de finos= 93.82%  
 % de grava= 0.00%  
 % de arena= 6.18%  
 Retenido en malla N 200= 6.18%  
 Retenido en malla N 4= 0.00%  
 % de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)  
 % de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 100.00% (Arena)  
 Cu= NP  
 Cc= NP

**De los limites de consistencia**

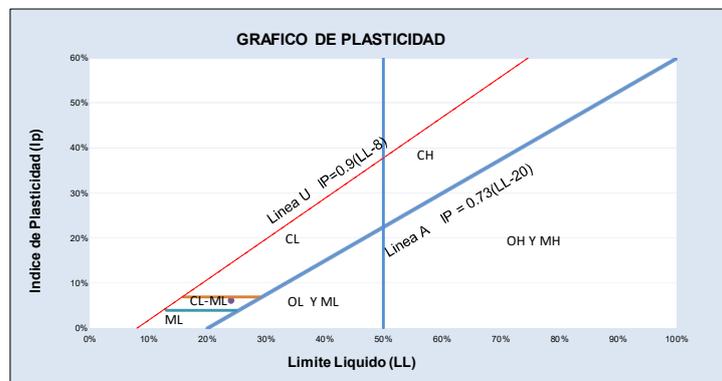
LL= 24.10  
 LP= 17.91  
 IP= 6.19

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

**CL-ML (SUCS) = Arcilla limosa de baja plasticidad**

Figura 92: Carta de plasticidad de Casagrande para suelos finos – Calicata 02



Fuente: Elaboración propia



Tabla 119: Clasificación SUCS del suelo – calicata 03

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>   | Clasificación de suelos  |
| <b>Tesistas:</b> | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

**SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)**

**Datos para la clasificación**

**De la granulometria**

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| % de gruesos= 8.03%  | Retenido en malla N 200= 8.03% |
| % de finos= 91.97%   | Retenido en malla N 4= 2.05%   |
| % de grava= 2.05%  |                                |
| % de arena= 5.98%  |                                |
| % de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 25.54% (Grava) |                                |
| % de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 74.46% (Arena)        |                                |

Cu= NP  
Cc= NP

**De los limites de consistencia**

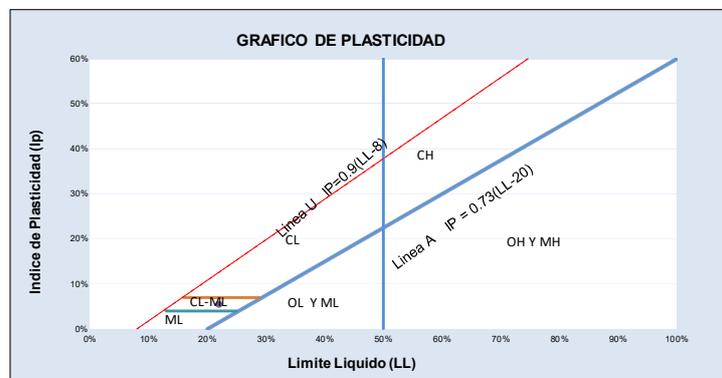
LL= 22.05  
LP= 16.58  
IP= 5.47

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-03  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

**CL-ML (SUCS) = Arcilla limosa de baja plasticidad**

Figura 93: Carta de plasticidad de Casagrande para suelos finos – Calicata 03



Fuente: Elaboración propia



c) Análisis de la prueba

Según la clasificación SUCS se determinó lo siguiente:

- Calicata N° 1: CL – ML (Arcilla limosa de baja plasticidad)
- Calicata N° 2: CL – ML (Arcilla limosa de baja plasticidad)
- Calicata N° 3: CL – ML (Arcilla limosa de baja plasticidad)

### 3.6.6. Clasificación de Suelos por el método AASHTO

a) Procesamiento de datos y cálculos

Para la clasificación AASHTO del suelo en estudio, es necesario principalmente tener los resultados de ensayos como: Análisis Granulométrico, así como los Límites de Consistencia (Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de plasticidad)

Obteniendo los resultados de los ensayos antes mencionados, procederemos a relacionar el Límite Líquido del suelo con el Índice de Plasticidad respectivo, para así poder determinar el tipo de suelo en la Carta de plasticidad AASHTO

Dentro de la Carta de plasticidad AASTHO en suelos finos presenta líneas que nos ayudaran a clasificar el suelo, estas líneas son:

- Línea horizontal. – se traza una línea para valores del índice de plasticidad igual a 10%.
- Línea vertical. – se traza una línea para valores de límite líquido igual a 40%.
- Línea diagonal. – parte de un punto en el que el límite líquido presenta un valor de 40% y el índice de plasticidad es igual al 10% y se traza empleando la siguiente fórmula:

$$Ip = LL - 30$$

Donde:

$I_p$  = Índice de plasticidad (%)

$LL$  = Límite líquido (%)

El cálculo del Índice de grupo se realizará empleando la siguiente fórmula:

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

Donde:



a = F-35 (F=fracción del porcentaje que pasa el tamiz N°200 expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40)

b = F-15 (F=fracción del porcentaje que pasa el tamiz N°200 expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40)

c = LL-40 (LL=límite líquido expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20)

d = IP-10 (IP= índice de plasticidad expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20)

Así mismo, para poder validar la clasificación de nuestra muestra de suelo mediante el método AASHTO deberemos emplear la siguiente tabla:

**Tabla 120:** *Clasificación de los Suelos – Método AASHTO*

| Clasificación general                        | Suelos granulosos<br>35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm |         |            |                                      |         |         |        | Suelos finos<br>más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm |         |                   |          |          |
|--|---|---------|------------|--------------------------------------|---------|---------|--------|---|---------|-------------------|----------|----------|
|  | A1  |         | A3         | A2                                   |         |         |        | A4  | A5      | A6                | A7       |          |
| Grupo Símbolo                                | A1 -a   | A1-b    | A3         | A2-4                                 | A2-5    | A2-6    | A2-7   | A4  | A5      | A6                | A7-5     | A7-6     |
| Análisis granulométrico                      |   |         |            |                                      |         |         |        |   |         |                   |          |          |
| % que pasa por el tamiz de:                  |   |         |            |                                      |         |         |        |   |         |                   |          |          |
| 2 mm   | máx. 50   |         |            |                                      |         |         |        |   |         |                   |          |          |
| 0.5 mm                                       | máx. 30   | máx. 50 | mín. 50    |                                      |         |         |        |   |         |                   |          |          |
| 0.08 mm                                      | máx.15  | máx. 25 | máx.10     | máx. 35                              | Máx.35  | máx.35  | máx.35 | mín. 35   | mín. 35 | mín. 35           | mín. 35  | mín. 35  |
| Límites Atterberg                            |   |         |            |                                      |         |         |        |   |         |                   |          |          |
| Límite Líquido                               |   |         |            | máx. 40                              | mín.40  | máx. 40 | mín.40 | máx. 40   | máx. 40 | máx. 40           | mín. 40  | mín. 40  |
| Índice de plasticidad                        | máx. 6  | máx. 6  | máx. 10    |                                      | máx. 10 | mín. 10 | mín.10 | máx. 10   | máx. 10 | mín. 10           | mín. 10  | mín. 10  |
|  |   |         |            |                                      |         |         |        |   |         |                   | IP<LL-30 | IP<LL-30 |
| Indice de grupo                              | o   | o       | o          | o                                    | o       | máx. 4  | máx. 4 | máx. 8  | máx. 12 | máx. 16           | máx. 20  | máx. 20  |
| Tipo de material                             | Piedras, gravas y arena                                       |         | Arena Fina | Gravas y arenas limosas o arcillosas |         |         |        | Suelos limosos  |         | Suelos arcillosos |          |          |
| Estimación general del suelo como subrasante | De excedente a bueno  |         |            |                                      |         |         |        | De pasable a malo                                       |         |                   |          |          |

Fuente: (Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014)

## b) Diagramas y tablas

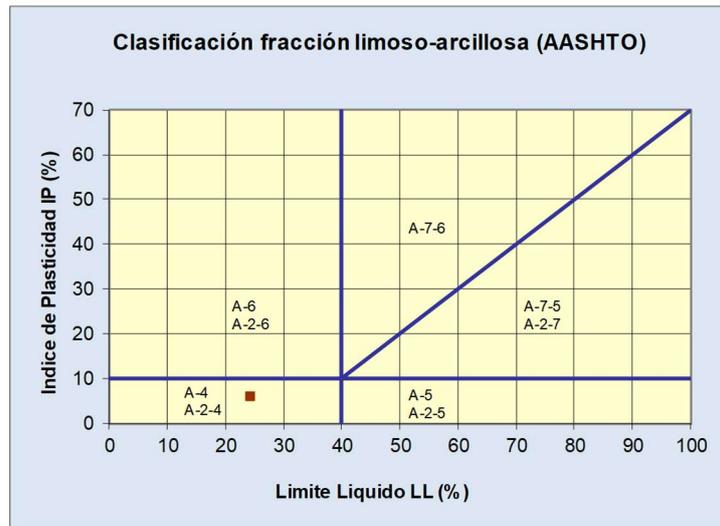


Tabla 121: Clasificación AASHTO del Suelo- Calicata 01

| Clasificación General                                  | Materiales granulares. (35% como máximo de la que pasa el tamiz N° 200) |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  | Materiales de arcilla-limo (más de 35% del total de la muestra que pasa el tamiz N° 200) |                                    |                                    |                       |                               |                                  |
|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|--|--|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|  | A-1   |                                      | A-3                                | A-2                                  |                                      |   |  | A-4  | A-5                                | A-6                                | A-7                   |                               |                                  |
| Clasificación por grupos                               | A-1-a   | A-1-b                                |                                    | A-2-4                                | A-2-5                                | A-2-6                                   | A-2-7                                  |  |                                    |                                    | A-7-5                 |                               |                                  |
| Análisis por mallas, porcentaje que pasa el tamiz      |   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    | A-7-6                 |                               |                                  |
| N° 10  | 50%max  |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |                               |                                  |
| N° 40  | 30%max  | 50%max                               | 51%max                             |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |                               |                                  |
| N° 200   | 15%max  | 10%max                               | 10%max                             | 35%max                               | 35%max                               | 35%max                                  | 35%max                                 | 36%min   | 36%min                             | 36%min                             | 36%min                |                               |                                  |
| Características de la fracción que pasa la malla N° 40 |   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |                               |                                  |
| Límite líquido (LL)                                    |   |                                      |                                    | 40%max                               | 41%min                               | 40%max                                  | 41%min                                 | 40%max   | 41%min                             | 40%max                             | 41%min                |                               |                                  |
| Índice de plast. (IP)                                  | 6%max   | NP                                   | 10%max                             | 10%max                               | 10%max                               | 11%min                                  | 11%min                                 | 10%max   | 10%max                             | 11%min                             | 11%min                |                               |                                  |
| Índice del grupo (GI)                                  | 4   | 4                                    | 4                                  | 4                                    | 4                                    | 0                                       | 0                                      | 4  | 4                                  | 4                                  | 4                     |                               |                                  |
| Clasificación mas GI                                   | A-1-a (4)   | A-1-b (4)                            | A-3 (4)                            | A-2-4 (4)                            | A-2-5 (4)                            | A-2-6 (0)                               | A-2-7 (0)                              | A-4 (4)  | A-5 (4)                            | A-6 (4)                            | A-7-5 (4)             |                               |                                  |
| Tipo de material                                       | Fragmento de roca, grava y arena  |                                      |                                    | Arena fina                           |                                      |   |  | Gravas y arena limosas o arcillosa   |                                    |                                    |                       | Principalmente suelos limosos | Principalmente suelos arcillosos |
| Clasif. De la Subrasante                               | Excelente a buena   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  | Regular a pobre  |                                    |                                    |                       |                               |                                  |
| Equipo de compactación idóneo                          | Rodillo Liso y Rodillo vibratorio                                       | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Pison Impacto y Rodillo vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Pison Impacto | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra   | Rodillo Neumatico, y Pata de cabra | Rodillo Neumatico, y Pata de cabra | Rodillo Pata de cabra |                               |                                  |

**A-4 (4) (AASHTO) = Principalmente partículas finas limosas.**

Figura 94: Carta de plasticidad AASHTO para suelos finos – Calicata 01



Fuente: Elaboración propia



Tabla 122: Clasificación AASHTO del Suelo– Calicata 02

Datos para la clasificación

De la granulometría  
% QUE PASA EL TAMIZ N 10= 100.00%  
% QUE PASA EL TAMIZ N 40= 100.00%  
% QUE PASA EL TAMIZ N 200= 97.50%

De los límites de consistencia

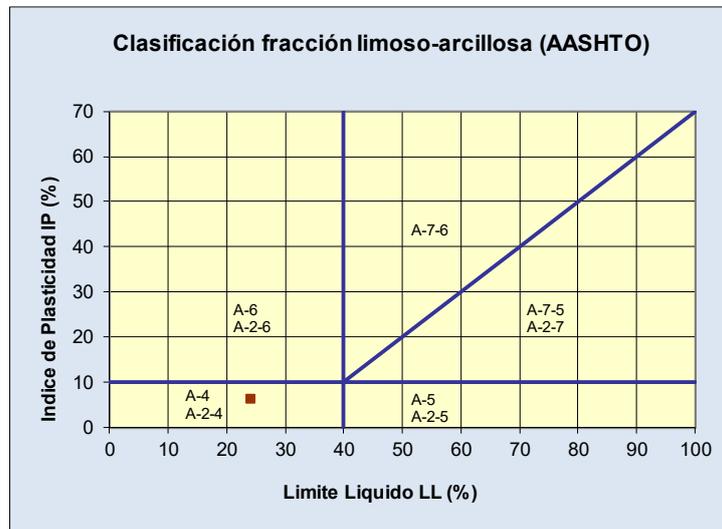
LL= 24.10%  
LP= 17.91%  
IP= 6.19%

| Clasificación General                                  | Materiales granulares. (35% como máximo de la que pasa el tamiz N° 200) |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  | Materiales de arcilla-limo (más de 35% de l total de la muestra que pasa el tamiz N° 200) |                                    |                                    |                       |
|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|--|---|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
|  | A-1   |                                      | A-3                                | A-2                                  |                                      |   |  | A-4   | A-5                                | A-6                                | A-7                   |
| Clasificación por grupos                               | A-1-a   | A-1-b                                |                                    | A-2-4                                | A-2-5                                | A-2-6                                   | A-2-7                                  |   |                                    |                                    | A-7-5                 |
| Análisis por mallas, porcentaje que pasa el tamiz      |   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |   |                                    |                                    | A-7-6                 |
| N° 10  | 50%max  |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |   |                                    |                                    |                       |
| N° 40  | 30%max  | 50%max                               | 51%max                             |                                      |                                      |   |  |   |                                    |                                    |                       |
| N° 200   | 15%max  | 10%max                               | 10%max                             | 35%max                               | 35%max                               | 35%max                                  | 35%max                                 | 36%min  | 36%min                             | 36%min                             | 36%min                |
| Características de la fracción que pasa la malla N° 40 |   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |   |                                    |                                    |                       |
| Límite líquido (LL)                                    |   |                                      |                                    | 40%max                               | 41%min                               | 40%max                                  | 41%min                                 | 40%max  | 41%min                             | 40%max                             | 41%min                |
| Índice de plast. (IP)                                  | 6%max   | NP                                   | 10%max                             | 10%max                               | 10%max                               | 11%min                                  | 11%min                                 | 10%max  | 10%max                             | 11%min                             | 11%min                |
| Índice del grupo (GI)                                  | 4   | 4                                    | 4                                  | 4                                    | 4                                    | 0                                       | 0                                      | 4   | 4                                  | 4                                  | 4                     |
| Clasificación mas GI                                   | A-1-a (4)   | A-1-b (4)                            | A-3 (4)                            | A-2-4 (4)                            | A-2-5 (4)                            | A-2-6 (0)                               | A-2-7 (0)                              | A-4 (4)   | A-5 (4)                            | A-6 (4)                            | A-7-5 (4)             |
| Tipo de material                                       | Fragmento de roca, grava y arena  |                                      | Arena fina                         | Gravas y arena limosas o arcillosa   |                                      |   |  | Principalmente suelos limosos   |                                    | Principalmente suelos arcillosos   |                       |
| Clasif. De la Subrasante                               | Excelente a buena   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  | Regular a pobre   |                                    |                                    |                       |
| Equipo de compactación idóneo                          | Rodillo Liso y Rodillo vibratorio                                       | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Pison Impacto y Rodillo vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Pison Impact. | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra  | Rodillo Neumatico, y Pata de cabra | Rodillo Neumatico, y Pata de cabra | Rodillo Pata de cabra |

A-4 (4) (AASHTO) = Principalmente partículas finas limosas.

Fuente: Elaboración propia

Figura 95: Carta de plasticidad AASHTO para suelos finos – Calicata 02



Fuente: Elaboración propia

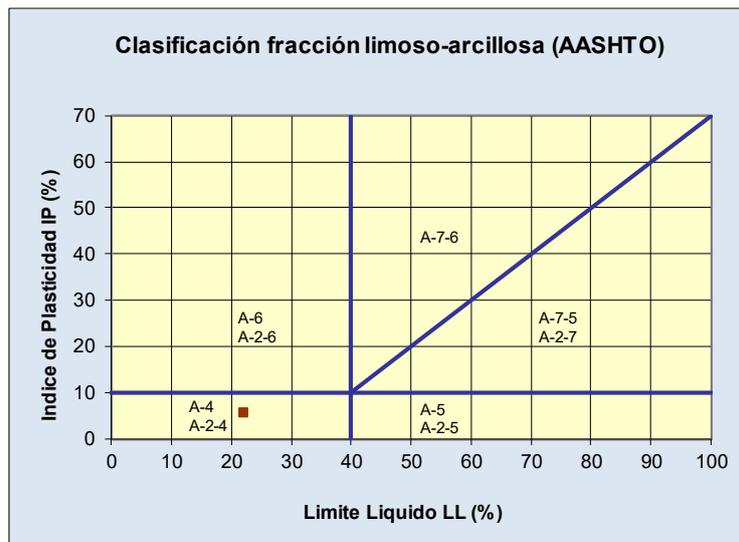


Tabla 123: Clasificación AASHTO del Suelo– Calicata 03

| Clasificación General                                  | Materiales granulares. (35% como máximo de la que pasa el tamiz N° 200) |                                      |                                    |                                      |                                      |  |  | Materiales de arcilla-limo (más de 35% del total de la muestra que pasa el tamiz N° 200) |                                    |                                    |                       |
|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--|--|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
|  | A-1   |                                      | A-3                                | A-2                                  |                                      |  |  | A-4  | A-5                                | A-6                                | A-7                   |
| Clasificación por grupos                               | A-1-a   | A-1-b                                |                                    | A-2-4                                | A-2-5                                | A-2-6                                  | A-2-7                                  |  |                                    |                                    | A-7-5                 |
| Análisis por mallas, porcentaje que pasa el tamiz      |   |                                      |                                    |                                      |                                      |  |  |  |                                    |                                    | A-7-6                 |
| N° 10  | 50%max  |                                      |                                    |                                      |                                      |  |  |  |                                    |                                    |                       |
| N° 40  | 30%max  | 50%max                               | 51%max                             |                                      |                                      |  |  |  |                                    |                                    |                       |
| N° 200   | 15%max  | 10%max                               | 10%max                             | 35%max                               | 35%max                               | 35%max                                 | 35%max                                 | 36%min   | 36%min                             | 36%min                             | 36%min                |
| Características de la fracción que pasa la malla N° 40 |   |                                      |                                    |                                      |                                      |  |  |  |                                    |                                    |                       |
| Límite líquido (LL)                                    |   |                                      |                                    | 40%max                               | 41%min                               | 40%max                                 | 41%min                                 | 40%max   | 41%min                             | 40%max                             | 41%min                |
| Índice de plast. (IP)                                  | 0%max   | NP                                   | 10%max                             | 10%max                               | 10%max                               | 11%min                                 | 11%min                                 | 10%max   | 10%max                             | 11%min                             | 11%min                |
| Índice del grupo (GI)                                  | 3   | 3                                    | 3                                  | 3                                    | 3                                    | 0                                      | 0                                      | 3  | 3                                  | 3                                  | 3                     |
| Clasificación mas GI                                   | A-1-a (3)   | A-1-b (3)                            | A-3 (3)                            | A-2-4 (3)                            | A-2-5 (3)                            | A-2-6 (0)                              | A-2-7 (0)                              | A-4 (3)  | A-5 (3)                            | A-6 (3)                            | A-7-5 (3)             |
| Tipo de material                                       | Fragmento de roca, grava y arena  |                                      |                                    | Arenas finas                         |                                      |  |  | Gravas y arenas limosas o arcillosas   |                                    |                                    |                       |
| Clasif. De la Subrasante                               | Excelente a buena   |                                      |                                    |                                      |                                      |  |  | Regular a pobre  |                                    |                                    |                       |
| Equipo de compactación idóneo                          | Rodillo Liso y Rodillo vibratorio                                       | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Pison impacto y Rodillo vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Pison Impac. | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra   | Rodillo Neumatico, y Pata de cabra | Rodillo Neumatico, y Pata de cabra | Rodillo Pata de cabra |

**A-4 (3) (AASHTO) = Principalmente partículas finas limosas.**

Figura 96: Carta de plasticidad AASHTO para suelos finos – Calicata 03



Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

Según la clasificación AASHTO se determinó lo siguiente:

- Calicata N° 1: A-4(4) Principalmente partículas finas limosas



- Calicata N° 2: A-4(4) Principalmente partículas finas limosas
- Calicata N° 3: A-4(3) Principalmente partículas finas limosas

### 3.6.7. Ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115)

a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Una vez realizado el ensayo de compactación se extrae 2 pequeñas muestras de suelo de parte superior e inferior para poder determinar su contenido de humedad, para luego sacar un promedio de estos.

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

- $W$  = Contenido de humedad expresado en porcentaje (%)
- $W_w$  = Peso del agua (gr)
- $W_t$  = Peso de la tara (gr)
- $W_s$  = Peso del material seco (gr)
- $W_1$  = Peso de la tara + suelo húmedo (gr)
- $W_2$  = Peso de la tara + suelo seco (gr)

Se calcula la densidad húmeda y la densidad seca mediante la siguiente fórmula:

- Densidad Húmeda:

$$\rho_m = \frac{M_t - M_{md}}{V}$$

Donde:

- $\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado (gr/cm<sup>3</sup>)
- $M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (gr)
- $M_{md}$  = Masa del molde de compactación (gr)
- $V$  = Volumen del molde de compactación (gr)



- Densidad Seca

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

Donde:

- $\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado (gr/cm<sup>3</sup>)
- $\rho_d$  = Densidad Seca del espécimen compactado (gr/cm<sup>3</sup>)
- $W$  = Contenido de Agua (%)

Con todos estos valores calculados realizaremos la gráfica de relaciones humedad-densidad, la cual relaciona los contenidos de humedad con sus respectivas densidades secas, se trazará una curva con los puntos obtenidos y con ayuda de esta gráfica determinaremos los valores de Contenido de humedad óptimo y Densidad seca máxima de la muestra evaluada.

b) Diagramas o tablas



Tabla 124: Proctor modificado - calicata 01

|   |                              |  |
|---|------------------------------|--|
|   | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA   |                              |  |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>      | 27/05/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

| CALICATA | C-01  |
|----------|-------|
| SUCS     | CL-ML |
| ACEITE   | 0.00% |
| SABILA   | 0.00% |

| METODO                     |  | A                     |
|----------------------------|--|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |  |                       |
| Altura                     |  | 11.62cm               |
| Diametro                   |  | 10.16cm               |
| Volumen                    |  | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       |  | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz |  | N4                    |

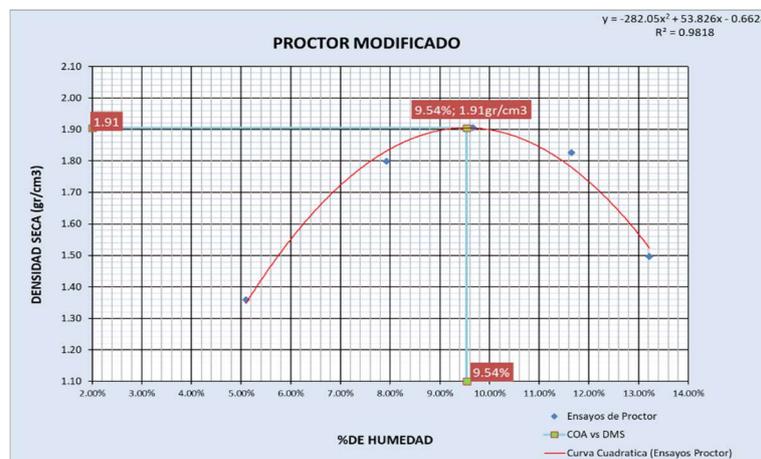
### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
|                                       | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| MOLDE N°                              |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5152.0gr               |         | 5635.0gr               |         | 5775.1gr               |         | 5727.0gr               |         | 5403.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1346.0gr               |         | 1829.0gr               |         | 1969.1gr               |         | 1921.0gr               |         | 1597.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.43gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.09gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.04gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.70gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.36gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.80gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.50gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 42.6gr                 | 47.3gr  | 46.0gr                 | 52.6gr  | 54.6gr                 | 53.3gr  | 54.5gr                 | 52.6gr  | 51.1gr                 | 51.9gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 110.5gr                | 104.4gr | 100.6gr                | 103.6gr | 102.3gr                | 113.9gr | 122.6gr                | 103.9gr | 127.2gr                | 121.9gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 107.3gr                | 101.6gr | 96.5gr                 | 99.9gr  | 98.0gr                 | 108.8gr | 115.6gr                | 98.5gr  | 118.0gr                | 114.0gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.3gr                  | 2.8gr   | 4.0gr                  | 3.7gr   | 4.3gr                  | 5.2gr   | 7.0gr                  | 5.5gr   | 9.2gr                  | 7.9gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 64.7gr                 | 54.3gr  | 50.5gr                 | 47.3gr  | 43.4gr                 | 55.4gr  | 61.1gr                 | 45.9gr  | 66.9gr                 | 62.2gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 5.03%                  | 5.16%   | 7.99%                  | 7.87%   | 10.02%                 | 9.31%   | 11.41%                 | 11.88%  | 13.78%                 | 12.66%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 5.09%                  |         | 7.93%                  |         | 9.66%                  |         | 11.65%                 |         | 13.22%                 |         |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| DMS = | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |
| CHO = | 9.54%                  |

Figura 97: Gráfica Proctor modificado - calicata 01



Fuente: Elaboración propia



Tabla 125: Proctor modificado - calicata 02

|   |   |  |
|---|---|--|
| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  |   |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN –CUSCO" |   |  |
| <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado  |  |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |  |
| <b>Fecha:</b>   | 31/05/23  |  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |  |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

| CALICATA | C-02  |
|----------|-------|
| SUCS     | CL-ML |
| ACEITE   | 0.00% |
| SABILA   | 0.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Díametro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

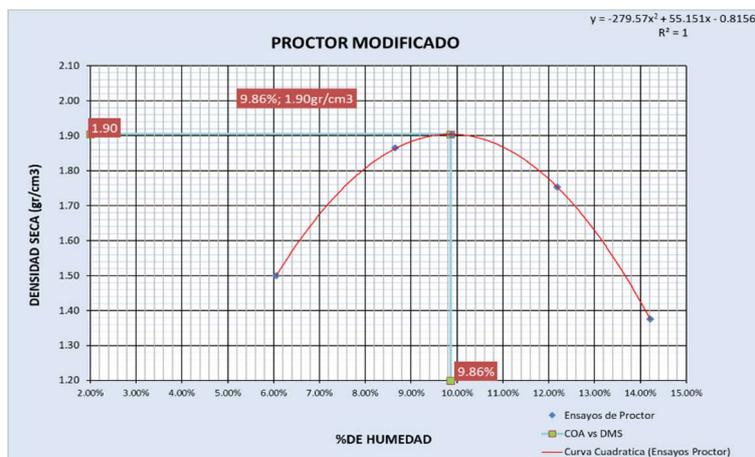
PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NÚMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5304.0gr               |         | 5715.0gr               |         | 5775.6gr               |         | 5659.0gr               |         | 5286.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1498.0gr               |         | 1909.0gr               |         | 1969.6gr               |         | 1853.0gr               |         | 1480.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.59gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.03gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.09gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.97gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.57gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.50gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.87gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.90gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.75gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.38gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 43.6gr                 | 45.6gr  | 46.2gr                 | 52.2gr  | 54.4gr                 | 52.6gr  | 53.1gr                 | 50.9gr  | 51.4gr                 | 52.1gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 101.1gr                | 109.8gr | 109.0gr                | 101.5gr | 122.4gr                | 124.4gr | 114.3gr                | 116.3gr | 125.8gr                | 118.7gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 97.6gr                 | 106.3gr | 104.3gr                | 97.4gr  | 115.9gr                | 118.3gr | 107.4gr                | 109.4gr | 116.4gr                | 110.6gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.4gr                  | 3.5gr   | 4.8gr                  | 4.1gr   | 6.4gr                  | 6.1gr   | 6.9gr                  | 6.9gr   | 9.4gr                  | 8.2gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 54.0gr                 | 60.7gr  | 58.0gr                 | 45.2gr  | 61.6gr                 | 65.7gr  | 54.3gr                 | 58.5gr  | 65.1gr                 | 58.5gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 6.37%                  | 5.75%   | 8.19%                  | 9.11%   | 10.47%                 | 9.29%   | 12.63%                 | 11.75%  | 14.45%                 | 13.98%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 6.06%                  |         | 8.65%                  |         | 9.88%                  |         | 12.19%                 |         | 14.21%                 |         |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| DMS = | 1.90gr/cm <sup>3</sup> |
| CHO = | 9.86%                  |

Figura 98: Gráfica Proctor modificado - calicata 02



Fuente: Elaboración propia



Tabla 126: Proctor modificado - calicata 03

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> |  |
| <b>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN –CUSCO"</b> |   |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Proctor Modificado  |  |
| <b>Referencia:</b>   | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada   |  |
| <b>Fecha:</b>  | 05/06/23  |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez  |  |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-03  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Diámetro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

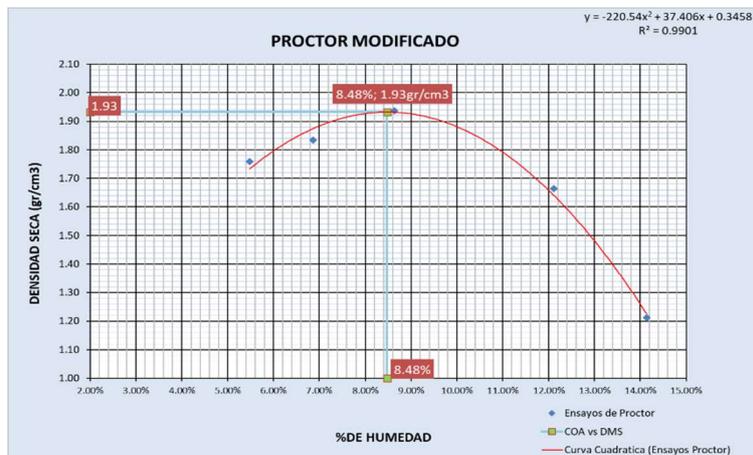
**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)**

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| FECHA:                                |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5554.0gr               |         | 5652.0gr               |         | 5788.0gr               |         | 5564.0gr               |         | 5110.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1748.0gr               |         | 1846.0gr               |         | 1982.0gr               |         | 1758.0gr               |         | 1304.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.86gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.10gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.87gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.38gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.76gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.66gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.21gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 43.6gr                 | 45.6gr  | 46.2gr                 | 52.2gr  | 54.4gr                 | 52.6gr  | 53.1gr                 | 50.9gr  | 51.4gr                 | 52.1gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 101.1gr                | 109.1gr | 108.2gr                | 100.5gr | 121.2gr                | 124.0gr | 114.2gr                | 116.3gr | 125.7gr                | 118.7gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 97.6gr                 | 106.3gr | 104.3gr                | 97.4gr  | 115.9gr                | 118.3gr | 107.4gr                | 109.4gr | 116.4gr                | 110.6gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.4gr                  | 2.8gr   | 4.0gr                  | 3.1gr   | 5.3gr                  | 5.7gr   | 6.8gr                  | 6.9gr   | 9.3gr                  | 8.2gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 54.0gr                 | 60.7gr  | 58.0gr                 | 45.2gr  | 61.6gr                 | 65.7gr  | 54.3gr                 | 58.5gr  | 65.1gr                 | 58.5gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 6.37%                  | 4.60%   | 6.83%                  | 6.90%   | 8.59%                  | 8.70%   | 12.44%                 | 11.79%  | 14.29%                 | 13.98%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 5.48%                  |         | 6.87%                  |         | 8.64%                  |         | 12.12%                 |         | 14.14%                 |         |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| DMS = | 1.93gr/cm <sup>3</sup> |
| CHO = | 8.48%                  |

Figura 99: Gráfica Proctor modificado - calicata 03



Fuente: Elaboración propia



Tabla 127: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>      | 10/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 25.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Diametro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

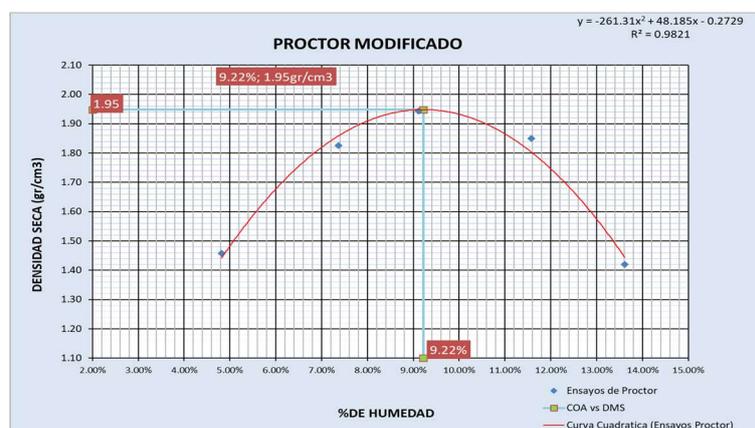
### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
|                                       | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| MOLDE N°                              |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5246.0gr               |         | 5652.0gr               |         | 5803.6gr               |         | 5750.0gr               |         | 5326.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1440.0gr               |         | 1846.0gr               |         | 1997.6gr               |         | 1944.0gr               |         | 1520.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.53gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.12gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.06gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.61gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.46gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.82gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.85gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.42gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 42.6gr                 | 46.9gr  | 46.9gr                 | 51.6gr  | 53.3gr                 | 52.7gr  | 54.6gr                 | 53.5gr  | 49.8gr                 | 52.4gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 110.5gr                | 110.7gr | 118.2gr                | 109.7gr | 101.3gr                | 122.2gr | 107.1gr                | 114.0gr | 111.7gr                | 102.7gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 107.4gr                | 107.8gr | 113.2gr                | 105.8gr | 97.1gr                 | 116.7gr | 101.5gr                | 107.9gr | 104.4gr                | 96.6gr  |
| PESO DE AGUA                          | 3.1gr                  | 2.9gr   | 5.0gr                  | 3.9gr   | 4.2gr                  | 5.5gr   | 5.6gr                  | 6.1gr   | 7.3gr                  | 6.1gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 64.9gr                 | 60.8gr  | 66.3gr                 | 54.1gr  | 43.8gr                 | 64.0gr  | 46.9gr                 | 54.4gr  | 54.6gr                 | 44.1gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.81%                  | 4.83%   | 7.48%                  | 7.27%   | 9.57%                  | 8.67%   | 11.88%                 | 11.28%  | 13.42%                 | 13.81%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.82%                  |         | 7.37%                  |         | 9.12%                  |         | 11.58%                 |         | 13.62%                 |         |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| DMS = | 1.95gr/cm <sup>3</sup> |
| CHO = | 9.22%                  |

Figura 100: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1



Fuente: Elaboración propia



Tabla 128: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|   |   |
|---|---|
| <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>   |   |
| <b>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"</b> |   |
| <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>   | 14/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 25.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Alura                      | 11.62cm               |   |
| Diámetro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

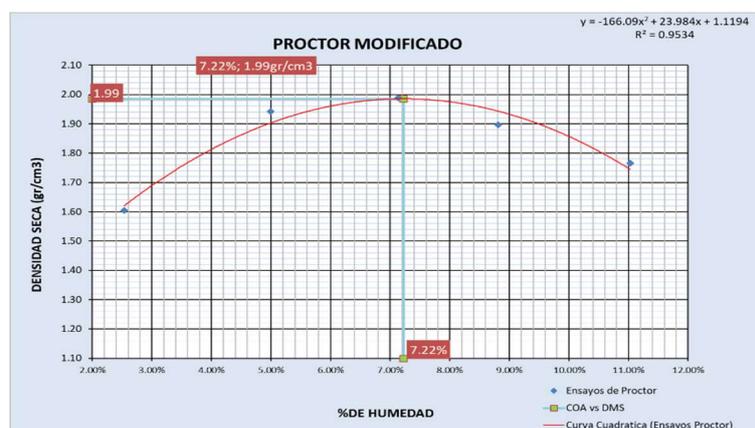
**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)**

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5355.0gr               |         | 5727.0gr               |         | 5813.0gr               |         | 5750.0gr               |         | 5653.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1549.0gr               |         | 1921.0gr               |         | 2007.0gr               |         | 1944.0gr               |         | 1847.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.64gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.04gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.13gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.06gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.60gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.99gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.90gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.77gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 44.5gr                 | 45.1gr  | 45.9gr                 | 52.0gr  | 54.3gr                 | 53.3gr  | 54.7gr                 | 51.9gr  | 50.7gr                 | 53.4gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 118.4gr                | 106.6gr | 98.6gr                 | 111.6gr | 110.5gr                | 103.9gr | 124.1gr                | 108.7gr | 116.4gr                | 109.5gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 116.4gr                | 105.2gr | 96.0gr                 | 108.8gr | 106.8gr                | 100.5gr | 118.2gr                | 104.3gr | 109.6gr                | 104.2gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.0gr                  | 1.4gr   | 2.6gr                  | 2.8gr   | 3.7gr                  | 3.4gr   | 5.9gr                  | 4.4gr   | 6.8gr                  | 5.3gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 71.9gr                 | 60.1gr  | 50.1gr                 | 56.8gr  | 52.5gr                 | 47.2gr  | 63.6gr                 | 52.4gr  | 58.9gr                 | 50.8gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 2.80%                  | 2.28%   | 5.12%                  | 4.86%   | 7.06%                  | 7.20%   | 9.26%                  | 8.36%   | 11.52%                 | 10.53%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 2.54%                  |         | 4.99%                  |         | 7.13%                  |         | 8.81%                  |         | 11.03%                 |         |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| DMS = | 1.99gr/cm <sup>3</sup> |
| CHO = | 7.22%                  |

Figura 101: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 129: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> |  |
| <b>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"</b> |   |  |
| <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado  |  |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada   |  |
| <b>Fecha:</b>   | 19/06/23  |  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez  |  |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Diámetro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

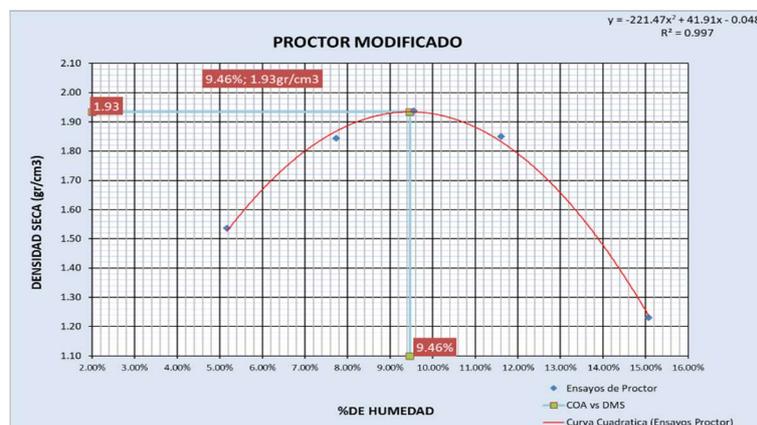
**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)**

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| FECHA:                                | MUESTRA N°             |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
| MOLDE N°                              | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5328.0gr               | 5677.0gr               | 5805.4gr               | 5751.0gr               | 5140.0gr               | 3806.0gr               | 3806.0gr               | 3806.0gr               | 3806.0gr               | 3806.0gr               |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1522.0gr               | 1871.0gr               | 1999.4gr               | 1945.0gr               | 1334.0gr               | 1522.0gr               | 1522.0gr               | 1522.0gr               | 1522.0gr               | 1522.0gr               |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  | 942.1gr                |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.62gr/cm <sup>3</sup> | 1.99gr/cm <sup>3</sup> | 2.12gr/cm <sup>3</sup> | 2.06gr/cm <sup>3</sup> | 1.42gr/cm <sup>3</sup> | 1.62gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD SECA                         | 1.54gr/cm <sup>3</sup> | 1.84gr/cm <sup>3</sup> | 1.94gr/cm <sup>3</sup> | 1.85gr/cm <sup>3</sup> | 1.23gr/cm <sup>3</sup> | 1.54gr/cm <sup>3</sup> |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                 | ABAJO                  |
| PESO RECIPIENTE                       | 44.0gr                 | 45.9gr                 | 46.6gr                 | 51.7gr                 | 53.2gr                 | 52.7gr                 | 52.2gr                 | 51.9gr                 | 51.4gr                 | 53.1gr                 |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 114.4gr                | 114.4gr                | 103.5gr                | 121.5gr                | 105.2gr                | 105.7gr                | 106.1gr                | 116.9gr                | 104.9gr                | 115.3gr                |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 110.8gr                | 111.1gr                | 99.5gr                 | 116.5gr                | 100.6gr                | 101.1gr                | 100.4gr                | 110.3gr                | 97.8gr                 | 107.2gr                |
| PESO DE AGUA                          | 3.5gr                  | 3.3gr                  | 4.1gr                  | 5.0gr                  | 4.5gr                  | 4.6gr                  | 5.7gr                  | 6.6gr                  | 7.1gr                  | 8.1gr                  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 66.9gr                 | 65.2gr                 | 52.8gr                 | 64.8gr                 | 47.4gr                 | 48.4gr                 | 48.2gr                 | 58.4gr                 | 46.5gr                 | 54.1gr                 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 5.28%                  | 5.05%                  | 7.72%                  | 7.74%                  | 9.58%                  | 9.52%                  | 11.82%                 | 11.39%                 | 15.23%                 | 14.92%                 |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 5.17%                  |                        | 7.73%                  |                        | 9.55%                  |                        | 11.60%                 |                        | 15.07%                 |                        |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| DMS = | 1.93gr/cm <sup>3</sup> |
| CHO = | 9.46%                  |

Figura 102: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3



Fuente: Elaboración propia



Tabla 130: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|   |   |
|---|---|
| <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>   |   |
| <b>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"</b> |   |
| <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>   | 23/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

| METODO                     |  | A                     |
|----------------------------|--|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |  |                       |
| Altura                     |  | 11.62cm               |
| Diámetro                   |  | 10.16cm               |
| Volumen                    |  | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       |  | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz |  | N4                    |

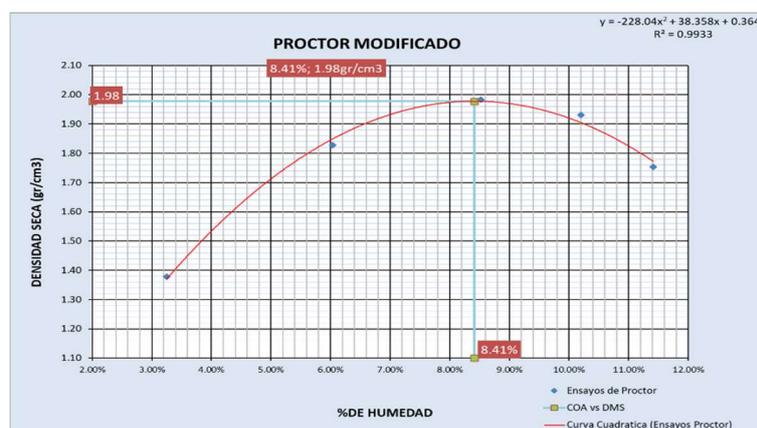
**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)**

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5146.0gr               |         | 5632.0gr               |         | 5833.6gr               |         | 5810.0gr               |         | 5646.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1340.0gr               |         | 1826.0gr               |         | 2027.6gr               |         | 2004.0gr               |         | 1840.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.42gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.15gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.13gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.95gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.38gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.85gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.98gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.93gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.75gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 44.6gr                 | 45.1gr  | 47.3gr                 | 52.2gr  | 52.4gr                 | 52.5gr  | 53.4gr                 | 52.0gr  | 49.1gr                 | 51.4gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 100.6gr                | 120.3gr | 111.3gr                | 105.9gr | 123.3gr                | 122.1gr | 106.5gr                | 118.6gr | 114.4gr                | 106.2gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 99.0gr                 | 117.7gr | 107.5gr                | 103.0gr | 117.8gr                | 116.6gr | 101.6gr                | 112.4gr | 107.7gr                | 100.6gr |
| PESO DE AGUA                          | 1.6gr                  | 2.5gr   | 3.8gr                  | 3.0gr   | 5.5gr                  | 5.5gr   | 4.9gr                  | 6.1gr   | 6.7gr                  | 5.6gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 54.4gr                 | 72.7gr  | 60.2gr                 | 50.8gr  | 65.4gr                 | 64.0gr  | 48.2gr                 | 60.5gr  | 58.6gr                 | 49.2gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 3.01%                  | 3.49%   | 6.25%                  | 5.81%   | 8.37%                  | 8.66%   | 10.25%                 | 10.16%  | 11.48%                 | 11.35%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 3.25%                  |         | 6.03%                  |         | 8.52%                  |         | 10.20%                 |         | 11.41%                 |         |

DMS = 1.98gr/cm<sup>3</sup>  
CHO = 8.41%

Figura 103: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1



Fuente: Elaboración propia



Tabla 131: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|   |   |
|---|---|
| <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>   |   |
| <b>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"</b> |   |
| <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>   | 23/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| Clasificación SUCS= CL-ML<br>Clasificación ASTHO= A-4 (0)  |                       | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">METODO</th> <th>A</th> </tr> <tr> <th colspan="3">DATOS DEL MOLDE</th> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td colspan="2">11.62cm</td> </tr> <tr> <td>Diametro</td> <td colspan="2">10.16cm</td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td colspan="2">942.07cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td colspan="2">3806.00gr</td> </tr> <tr> <td>Material pasante del tamiz</td> <td colspan="2">N4</td> </tr> </table> | METODO |   | A      | DATOS DEL MOLDE |   |          | Altura | 11.62cm |       | Diametro | 10.16cm |        | Volumen | 942.07cm <sup>3</sup> |  | Peso | 3806.00gr |  | Material pasante del tamiz | N4 |  |
|--|-----------------------|--|--------|---|--------|-----------------|---|----------|--------|---------|-------|----------|---------|--------|---------|-----------------------|--|------|-----------|--|----------------------------|----|--|
| METODO   |                       | A  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| DATOS DEL MOLDE  |                       |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| Altura   | 11.62cm               |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| Diametro   | 10.16cm               |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| Volumen  | 942.07cm <sup>3</sup> |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| Peso   | 3806.00gr             |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| Material pasante del tamiz   | N4                    |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| <table border="1"> <tr> <th colspan="2">COORDENADAS UTM</th> </tr> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> <tr> <td>182971</td> <td>8503378</td> </tr> </table> | COORDENADAS UTM       |  | X      | Y | 182971 | 8503378         | <table border="1"> <tr> <th>CALICATA</th> <td>C-02</td> </tr> <tr> <th>SUCS</th> <td>CL-ML</td> </tr> <tr> <th>ACEITE</th> <td>8.00%</td> </tr> <tr> <th>SABILA</th> <td>50.00%</td> </tr> </table> | CALICATA | C-02   | SUCS    | CL-ML | ACEITE   | 8.00%   | SABILA | 50.00%  |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| COORDENADAS UTM  |                       |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| X  | Y                     |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| 182971   | 8503378               |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| CALICATA   | C-02                  |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| SUCS   | CL-ML                 |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| ACEITE   | 8.00%                 |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| SABILA   | 50.00%                |  |        |   |        |                 |   |          |        |         |       |          |         |        |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |

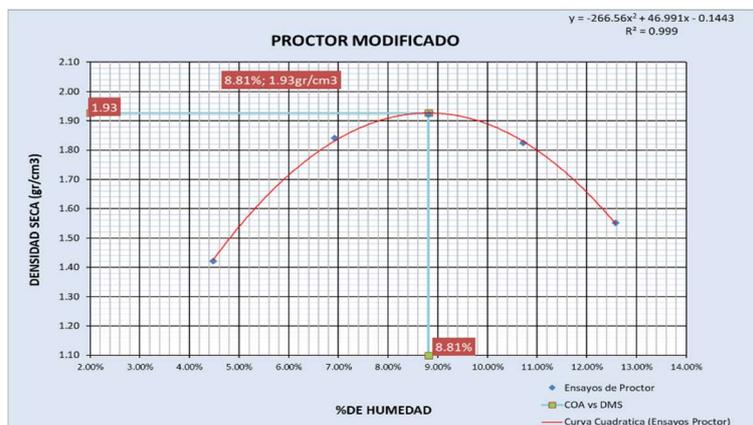
**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)**

Energía de compactación 2 700 kN·m/m<sup>3</sup>

|                                       |                        |         |                        |        |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|--------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |        |                        |         |                        |         |                        |         |
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |        | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |        | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |        | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |        |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5205.0gr               |         | 5661.0gr               |        | 5776.4gr               |         | 5709.0gr               |         | 5452.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |        | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1399.0gr               |         | 1855.0gr               |        | 1970.4gr               |         | 1903.0gr               |         | 1646.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |        | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.49gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.97gr/cm <sup>3</sup> |        | 2.09gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.02gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.75gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.42gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.84gr/cm <sup>3</sup> |        | 1.92gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.82gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.55gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |        |                        |         |                        |         |                        |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| PESO RECIPIENTE                       | 44.5gr                 | 46.2gr  | 45.8gr                 | 52.4gr | 52.9gr                 | 52.5gr  | 53.2gr                 | 52.3gr  | 51.4gr                 | 53.4gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 113.9gr                | 105.8gr | 116.5gr                | 99.9gr | 99.3gr                 | 100.0gr | 106.8gr                | 124.7gr | 124.4gr                | 120.3gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 111.0gr                | 103.3gr | 111.9gr                | 96.8gr | 95.4gr                 | 96.4gr  | 101.3gr                | 118.0gr | 116.1gr                | 113.0gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.0gr                  | 2.5gr   | 4.6gr                  | 3.0gr  | 3.9gr                  | 3.7gr   | 5.5gr                  | 6.6gr   | 8.3gr                  | 7.3gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 66.5gr                 | 57.1gr  | 66.1gr                 | 44.4gr | 42.4gr                 | 43.9gr  | 48.1gr                 | 65.8gr  | 64.6gr                 | 59.6gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.49%                  | 4.46%   | 6.98%                  | 6.87%  | 9.20%                  | 8.44%   | 11.33%                 | 10.11%  | 12.90%                 | 12.26%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.48%                  |         | 6.93%                  |        | 8.82%                  |         | 10.72%                 |         | 12.58%                 |         |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| DMS = | 1.93gr/cm <sup>3</sup> |
| CHO = | 8.81%                  |

Figura 104: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 132: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> |  |
| <b>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"</b> |   |  |
| <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado  |  |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada   |  |
| <b>Fecha:</b>   | 03/07/23  |  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez  |  |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 50.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Diametro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

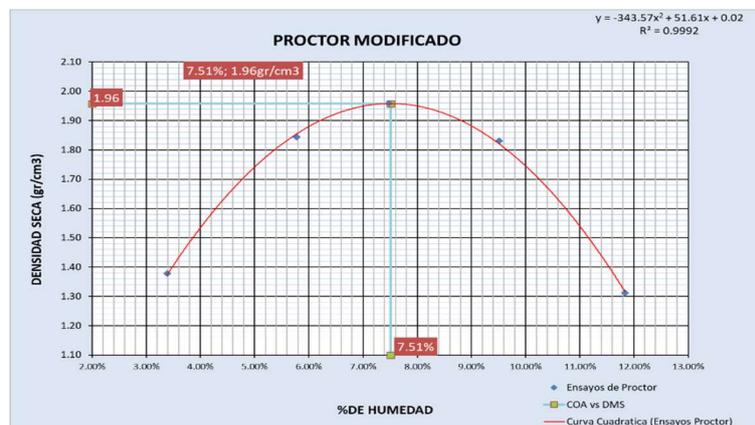
**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)**

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                        |                        |                        |                        |                        |         |         |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| FECHA:                                | MUESTRA N°             |                        |                        |                        |                        |         |         |         |         |         |
| MOLDE N°                              | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25      | 25      | 25      | 25      | 25      |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |                        |                        |                        |                        |         |         |         |         |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5148.0gr               | 5643.0gr               | 5790.0gr               | 5695.0gr               | 5188.0gr               |         |         |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               | 3806.0gr               | 3806.0gr               | 3806.0gr               | 3806.0gr               |         |         |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1342.0gr               | 1837.0gr               | 1984.0gr               | 1889.0gr               | 1382.0gr               |         |         |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  | 942.1gr                | 942.1gr                | 942.1gr                | 942.1gr                |         |         |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.42gr/cm <sup>3</sup> | 1.95gr/cm <sup>3</sup> | 2.11gr/cm <sup>3</sup> | 2.01gr/cm <sup>3</sup> | 1.47gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.38gr/cm <sup>3</sup> | 1.84gr/cm <sup>3</sup> | 1.96gr/cm <sup>3</sup> | 1.83gr/cm <sup>3</sup> | 1.31gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |                        |                        |                        |                        |         |         |         |         |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| PESO RECIPIENTE                       | 43.6gr                 | 47.1gr                 | 45.8gr                 | 51.8gr                 | 52.5gr                 | 52.1gr  | 53.4gr  | 50.7gr  | 50.2gr  | 53.9gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 114.8gr                | 119.7gr                | 105.0gr                | 102.6gr                | 111.2gr                | 103.4gr | 116.2gr | 119.6gr | 111.8gr | 125.1gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 112.4gr                | 117.4gr                | 101.7gr                | 99.8gr                 | 107.0gr                | 100.0gr | 110.5gr | 113.9gr | 105.2gr | 117.6gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.4gr                  | 2.3gr                  | 3.3gr                  | 2.7gr                  | 4.3gr                  | 3.4gr   | 5.7gr   | 5.7gr   | 6.6gr   | 7.5gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 68.8gr                 | 70.3gr                 | 55.9gr                 | 48.1gr                 | 54.4gr                 | 47.9gr  | 57.1gr  | 63.2gr  | 55.0gr  | 63.7gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 3.46%                  | 3.31%                  | 5.86%                  | 5.69%                  | 7.81%                  | 7.16%   | 9.95%   | 9.07%   | 11.95%  | 11.71%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 3.38%                  |                        | 5.78%                  |                        | 7.48%                  |         | 9.51%   |         | 11.83%  |         |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| DMS = | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |
| CHO = | 7.51%                  |

Figura 105: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3



Fuente: Elaboración propia



Tabla 133: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> |  |
| <b>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"</b> |   |  |
| <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado  |  |
| <b>Referencia:</b>  | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada   |  |
| <b>Fecha:</b>   | 08/07/23  |  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez  |  |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 75.00% |

| METODO                     |  | A                     |
|----------------------------|--|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |  |                       |
| Altura                     |  | 11.62cm               |
| Diámetro                   |  | 10.16cm               |
| Volumen                    |  | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       |  | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz |  | N4                    |

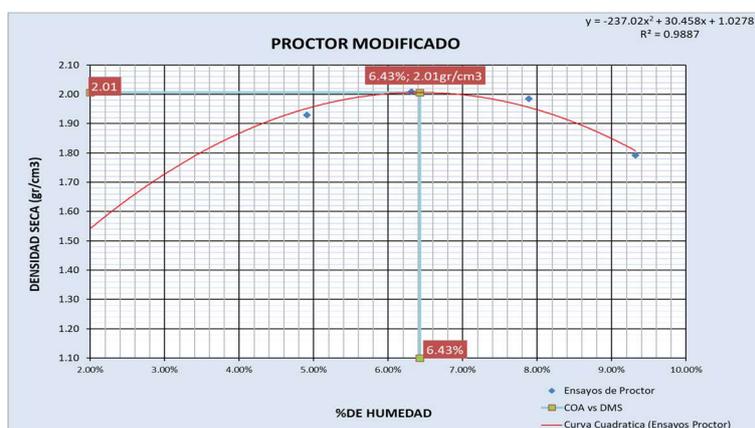
### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

|                                       |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5290.0gr               |         | 5713.0gr               |         | 5818.6gr               |         | 5823.0gr               |         | 5651.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1484.0gr               |         | 1907.0gr               |         | 2012.6gr               |         | 2017.0gr               |         | 1845.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.58gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.02gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.14gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.14gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.54gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.93gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.01gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.98gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.79gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 44.0gr                 | 45.4gr  | 46.0gr                 | 51.9gr  | 52.5gr                 | 53.5gr  | 53.3gr                 | 53.0gr  | 48.6gr                 | 52.9gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 101.2gr                | 112.4gr | 113.3gr                | 108.3gr | 106.7gr                | 120.6gr | 109.5gr                | 105.7gr | 112.5gr                | 111.1gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 100.2gr                | 111.1gr | 110.0gr                | 105.8gr | 103.5gr                | 116.6gr | 105.4gr                | 101.8gr | 107.1gr                | 106.2gr |
| PESO DE AGUA                          | 1.1gr                  | 1.3gr   | 3.3gr                  | 2.5gr   | 3.2gr                  | 4.0gr   | 4.1gr                  | 3.8gr   | 5.5gr                  | 4.9gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 56.2gr                 | 65.6gr  | 64.0gr                 | 53.9gr  | 51.0gr                 | 63.1gr  | 52.0gr                 | 48.8gr  | 58.5gr                 | 53.3gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 1.93%                  | 2.03%   | 5.15%                  | 4.67%   | 6.21%                  | 6.41%   | 7.92%                  | 7.86%   | 9.35%                  | 9.29%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 1.98%                  |         | 4.91%                  |         | 6.31%                  |         | 7.89%                  |         | 9.32%                  |         |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| DMS = | 2.01gr/cm <sup>3</sup> |
| CHO = | 6.43%                  |

Figura 106: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1



Fuente: Elaboración propia



Tabla 134: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|   |   |
|---|---|
| <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>   |   |
| <b>"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"</b> |   |
| <b>Ensayo:</b>  | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b>  | ITC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>   | 15/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM<br><table border="1"> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> <tr> <td>182971</td> <td>8503378</td> </tr> </table>   |                       | X        | Y | 182971 | 8503378 | Clasificación SUCS= CL-ML<br>Clasificación ASTHO= A-4 (0) | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">METODO</th> <th>A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">DATOS DEL MOLDE</td> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td colspan="2">11.62cm</td> </tr> <tr> <td>Diametro</td> <td colspan="2">10.16cm</td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td colspan="2">942.07cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td colspan="2">3806.00gr</td> </tr> <tr> <td>Material pasante del tamiz</td> <td colspan="2">N4</td> </tr> </tbody> </table> | METODO |       | A | DATOS DEL MOLDE |        |  | Altura | 11.62cm |  | Diametro | 10.16cm |  | Volumen | 942.07cm <sup>3</sup> |  | Peso | 3806.00gr |  | Material pasante del tamiz | N4 |  |
|---|-----------------------|----------|---|--------|---------|---|--|--------|-------|---|-----------------|--------|--|--------|---------|--|----------|---------|--|---------|-----------------------|--|------|-----------|--|----------------------------|----|--|
| X   | Y                     |          |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| 182971  | 8503378               |          |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| METODO  |                       | A        |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| DATOS DEL MOLDE   |                       |          |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| Altura  | 11.62cm               |          |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| Diametro  | 10.16cm               |          |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| Volumen   | 942.07cm <sup>3</sup> |          |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| Peso  | 3806.00gr             |          |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| Material pasante del tamiz  | N4                    |          |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| <table border="1"> <tr> <th colspan="2">CALICATA</th> <th>C-02</th> </tr> <tr> <td>SUCS</td> <td colspan="2">CL-ML</td> </tr> <tr> <td>ACEITE</td> <td colspan="2">8.00%</td> </tr> <tr> <td>SABILA</td> <td colspan="2">75.00%</td> </tr> </table> |                       | CALICATA |   | C-02   | SUCS    | CL-ML   |  | ACEITE | 8.00% |   | SABILA          | 75.00% |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| CALICATA  |                       | C-02     |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| SUCS  | CL-ML                 |          |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| ACEITE  | 8.00%                 |          |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |
| SABILA  | 75.00%                |          |   |        |         |   |  |        |       |   |                 |        |  |        |         |  |          |         |  |         |                       |  |      |           |  |                            |    |  |

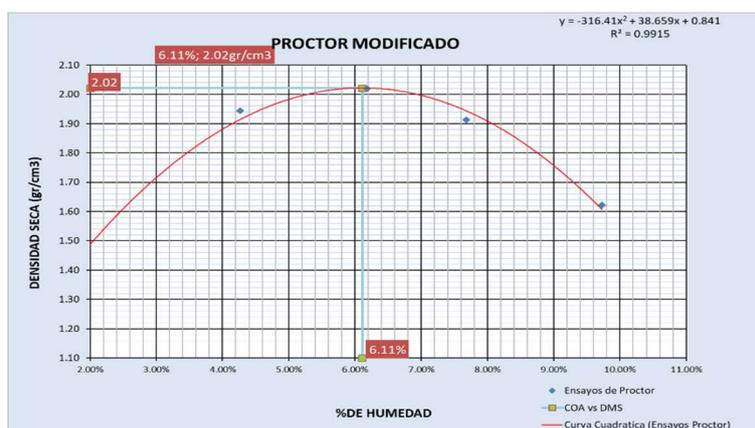
**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)**

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |        |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|--------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                      |        | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |        | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |        | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |        |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5176.0gr               |        | 5715.0gr               |         | 5826.5gr               |         | 5747.0gr               |         | 5483.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |        | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1370.0gr               |        | 1909.0gr               |         | 2020.5gr               |         | 1941.0gr               |         | 1677.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |        | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.45gr/cm <sup>3</sup> |        | 2.03gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.14gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.06gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.78gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.43gr/cm <sup>3</sup> |        | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.02gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.62gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |        |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                 | ABAJO  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| PESO RECIPIENTE                       | 43.9gr                 | 46.5gr | 45.9gr                 | 53.2gr  | 54.2gr                 | 53.3gr  | 52.2gr                 | 51.3gr  | 48.5gr                 | 53.6gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 118.7gr                | 99.3gr | 100.2gr                | 120.3gr | 105.2gr                | 116.4gr | 110.6gr                | 119.7gr | 114.3gr                | 106.8gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 117.1gr                | 98.6gr | 97.9gr                 | 117.6gr | 102.3gr                | 112.7gr | 106.3gr                | 115.0gr | 108.3gr                | 102.2gr |
| PESO DE AGUA                          | 1.6gr                  | 0.8gr  | 2.3gr                  | 2.7gr   | 3.0gr                  | 3.7gr   | 4.3gr                  | 4.7gr   | 6.0gr                  | 4.6gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 73.2gr                 | 52.0gr | 52.1gr                 | 64.4gr  | 48.0gr                 | 59.4gr  | 54.1gr                 | 63.7gr  | 59.8gr                 | 48.6gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 2.18%                  | 1.46%  | 4.34%                  | 4.19%   | 6.18%                  | 6.19%   | 7.93%                  | 7.43%   | 10.01%                 | 9.44%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 1.82%                  |        | 4.26%                  |         | 6.19%                  |         | 7.68%                  |         | 9.73%                  |         |

|       |                        |
|-------|------------------------|
| DMS = | 2.02gr/cm <sup>3</sup> |
| CHO = | 6.11%                  |

Figura 107: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 135: Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Proctor Modificado  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 115 Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada |
| <b>Fecha:</b>      | 20/07/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 75.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Díametro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

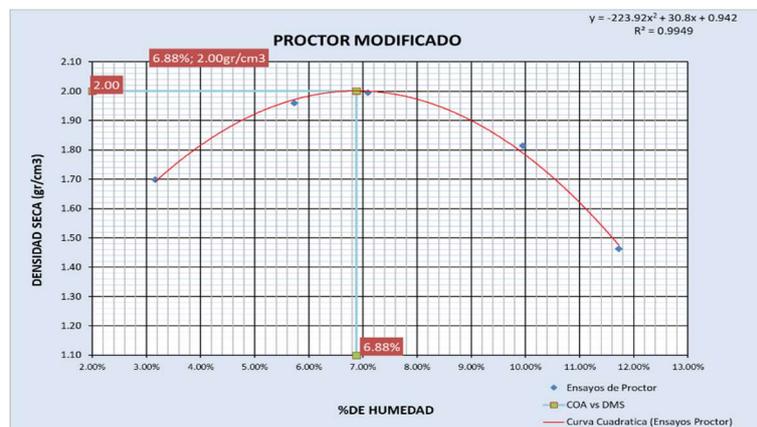
### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
|                                       | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| MOLDE N°                              | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5457.0gr               |         | 5758.0gr               |         | 5818.5gr               |         | 5685.0gr               |         | 5346.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1651.0gr               |         | 1952.0gr               |         | 2012.5gr               |         | 1879.0gr               |         | 1540.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.75gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.07gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.14gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.99gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.63gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.70gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.99gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.81gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.46gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 42.8gr                 | 46.4gr  | 46.1gr                 | 51.5gr  | 55.0gr                 | 51.7gr  | 54.1gr                 | 53.5gr  | 50.3gr                 | 53.5gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 105.4gr                | 108.8gr | 105.4gr                | 112.6gr | 107.4gr                | 118.5gr | 112.6gr                | 100.1gr | 105.8gr                | 117.6gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 103.5gr                | 106.9gr | 102.0gr                | 109.4gr | 103.9gr                | 114.2gr | 107.2gr                | 96.0gr  | 99.8gr                 | 111.1gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.0gr                  | 1.9gr   | 3.3gr                  | 3.2gr   | 3.6gr                  | 4.3gr   | 5.5gr                  | 4.1gr   | 6.0gr                  | 6.5gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 60.7gr                 | 60.5gr  | 56.0gr                 | 57.9gr  | 48.9gr                 | 62.5gr  | 53.1gr                 | 42.5gr  | 49.5gr                 | 57.6gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 3.22%                  | 3.11%   | 5.93%                  | 5.54%   | 7.30%                  | 6.89%   | 10.30%                 | 9.59%   | 12.09%                 | 11.35%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 3.16%                  |         | 5.73%                  |         | 7.09%                  |         | 9.95%                  |         | 11.72%                 |         |

DMS = 2.00gr/cm<sup>3</sup>  
CHO = 6.88%

Figura 108: Gráfica Proctor modificado suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3



Fuente: Elaboración propia



c) Análisis del ensayo

Los ensayos de Proctor Modificado nos dan como resultado los contenidos de humedad óptimos para lograr densidades secas máximas, estos valores nos serán de utilidad para el desarrollo del ensayo de CBR, ya que para dicho ensayo se trabajará con los valores promedio de cada tipo de muestra.

Los ensayos realizados de Proctor Modificado, se realizaron utilizando el método “A” debido a que mas del 20% del peso del material fue retenido en la malla N°4.

De acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo, el suelo natural tiene una densidad máxima seca de 1.90 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo de 9.86%, la dosificación 1 tiene una densidad máxima seca de 1.96 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo de 8.63%, la dosificación 2 tiene una densidad máxima seca de 1.96 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo de 8.24% y la dosificación 3 tiene una densidad máxima seca de 2.01 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo de 6.47%.

**Tabla 136:** *Tabla resumen – Proctor Modificado*

| MUESTRAS  | DENSIDAD MÁXIMA SECA<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | CONTENIDO DE HUMEDAD<br>ÓPTIMO (%) |
|---|---|------------------------------------|
| Suelo natural - calicata 01                                       | 1.91  | 9.54%                              |
| Suelo natural - calicata 02                                       | 1.90  | 9.86%                              |
| Suelo natural - calicata 03                                       | 1.93  | 8.48%                              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 1.95  | 9.22%                              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 1.99  | 7.22%                              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 1.93  | 9.46%                              |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - Promedio</b>        | <b>1.96</b>                                   | <b>8.63%</b>                       |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 1.98  | 8.41%                              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 1.93  | 8.81%                              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 1.96  | 7.51%                              |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - Promedio</b>        | <b>1.96</b>                                   | <b>8.24%</b>                       |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 2.01  | 6.43%                              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 2.02  | 6.11%                              |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 2.00  | 6.88%                              |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - Promedio</b>        | <b>2.01</b>                                   | <b>6.47%</b>                       |

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.8. Ensayo California Bering Ratio CBR (MTC E 132)

a) Procesamiento o cálculos de la prueba



- Ensayo de Compactación:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_W}{W_S} \times 100$$

Donde:

- $W$  = Contenido de humedad expresado en porcentaje (%)
- $W_W$  = Peso del agua (gr)
- $W_t$  = Peso de la tara (gr)
- $W_S$  = Peso del material seco (gr)
- $W_1$  = Peso de la tara + suelo húmedo (gr)
- $W_2$  = Peso de la tara + suelo seco (gr)

Se calcula la densidad húmeda y la densidad seca mediante la siguiente fórmula:

Densidad Húmeda:

$$\rho_m = \frac{M_t - M_{md}}{V}$$

Donde:

- $\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
- $M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (gr)
- $M_{md}$  = Masa del molde de compactación (gr)
- $V$  = Volumen del molde de compactación (gr)

Densidad Seca

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

Donde:

- $\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
- $\rho_d$  = Densidad Seca del espécimen compactado ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
- $W$  = Contenido de Agua (%)



- Ensayo de expansión:

Porcentaje de expansión. – se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{H_{md} - H_{de}} \times 100$$

Donde:

L<sub>1</sub>: Lectura inicial (mm)

L<sub>2</sub>: Lectura final (mm)

H<sub>md</sub>: Altura del molde (mm)

H<sub>de</sub>: Altura del disco espaciador (mm)

- Ensayo de penetración:

Fuerza: se calcula empleando la fórmula de la constante de anillo de carga del equipo de penetración de la siguiente manera:

$$F = [0.0559(X) + 0.000007(X^2) - 0.000000008(X^3)] * 101.97$$

Donde:

F: Fuerza (kg)

X: Lectura del dial

Esfuerzo: se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde:

σ: Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)

F: Fuerza (kg)

A: Área del pistón (cm<sup>2</sup>)

C.B.R.: se calcula de la siguiente manera:

$$C. B. R. = \frac{\sigma}{CUP} \times 100$$

Donde:

C.B.R.: Valor de California Bearing Ratio (%)

σ: Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)

CUP: Carga unitaria patrón (kg/cm<sup>2</sup>)



- Gráfica Esfuerzo vs Penetración

Relaciona los valores de esfuerzos sobre el pistón y sus penetraciones respectivas para obtener los valores de C.B.R. para 0.1" (2.54mm) y 0.2" (5.08mm). Se realizarán correcciones en la gráfica solamente cuando se presente un punto de inflexión en el origen de la curva, para lo cual deberemos trazar una tangente en este punto que nos dará un nuevo origen a partir del cual determinaremos las presiones a 2.54 y 5.08mm.

- Gráfica Densidad seca vs C.B.R.

Relaciona los valores de C.B.R. y sus densidades secas respectivas. Sobre estas curvas proyectaremos los valores de Densidad Seca Máxima y 95% de Densidad Seca Máxima (datos obtenidos del ensayo de Proctor modificado) para de esta manera obtener los valores finales de C.B.R. al 100 y al 95% de la Densidad Seca Máxima.

b) Diagramas y tablas



Tabla 137: CBR - calicata 01

|   |
|---|
|  <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br/>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>  |
|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|             |  |
|-------------|--|
| Ensayo:     | Ensayo de CBR  |
| Referencia: | MTC E 132 CBR en suelos  |
| Fecha:      | 29/05/23   |
| Tesistas:   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                 |        |         |      |        |          |        |
|-----------------|--------|---------|------|--------|----------|--------|
| COORDENADAS UTM | X      |         | Y    |        | CALICATA | C-01   |
|                 | 183045 | 8503356 | SUCS | CL-ML  |          | ACEITE |
|                 |        |         |      | SABILA | 0.00%    |        |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11980.0gr              | 11550.0gr              | 11210.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4596.0gr               | 4166.0gr               | 3826.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.17gr/cm <sup>3</sup> | 1.96gr/cm <sup>3</sup> | 1.80gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.99gr/cm <sup>3</sup> | 1.81gr/cm <sup>3</sup> | 1.65gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |                        |                        |         |         |         |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 44.84gr                | 66.59gr                | 58.37gr                | 64.77gr | 53.62gr | 65.15gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 42.52gr                | 62.54gr                | 55.40gr                | 61.44gr | 50.84gr | 61.70gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.32gr                 | 4.05gr                 | 2.97gr                 | 3.33gr  | 2.78gr  | 3.45gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 25.28gr                | 45.23gr                | 33.26gr                | 39.48gr | 28.68gr | 39.62gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 9.18%                  | 8.95%                  | 8.93%                  | 8.43%   | 9.69%   | 8.71%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 9.07%                  |                        | 8.68%                  |         | 9.20%   |         |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12040.0gr | 11710.0gr | 11440.0gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 60.0gr    | 160.0gr   | 230.0gr   |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 0.50%     | 1.39%     | 2.05%     |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

|                       |                 |         |               |         |               |         |               |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25      | 12            |         |               |         |               |
| MOLDE N°              | 1               | 2       | 3             |         |               |         |               |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | 0.001pg | mm            | 0.001pg | mm            |
| 07/09/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00%   | 0.0           | 0       | 0.00%         |
| 08/09/2023            | 24              | 7.4     | 0.18796       | 0.16%   | 10.7          | 0.27178 | 0.23%         |
| 09/09/2023            | 48              | 13.7    | 0.34798       | 0.29%   | 17.5          | 0.44445 | 0.37%         |
| 10/09/2023            | 72              | 21.6    | 0.54864       | 0.46%   | 27.1          | 0.68834 | 0.57%         |
| 11/09/2023            | 96              | 25.1    | 0.63754       | 0.53%   | 40.0          | 1.016   | 0.85%         |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

|   |                 |     |                 |     |       |                 |    |       |
|---|-----------------|-----|-----------------|-----|-------|-----------------|----|-------|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                | 56 GOLPES       |     | 25 GOLPES       |     |       | 12 GOLPES       |    |       |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas | MOLDE N°        |     | MOLDE N°        |     |       | MOLDE N°        |    |       |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGA DE ENSAYO |     | CARGA DE ENSAYO |     |       | CARGA DE ENSAYO |    |       |
|   | psi             | kg  | psi             | kg  | %     | psi             | kg | %     |
| 0                                       | 0.0 Kg          | 0   | 0.0 Kg          | 0   | 0     | 0.0 Kg          | 0  | 0     |
| 0.025                                   | 38.9 Kg         | 29  | 22.8 Kg         | 17  |       | 12.0 Kg         | 9  |       |
| 0.050                                   | 79.6 Kg         | 58  | 50.5 Kg         | 37  |       | 32.5 Kg         | 24 |       |
| 0.075                                   | 107.9 Kg        | 79  | 77.5 Kg         | 57  |       | 50.3 Kg         | 37 |       |
| 0.100                                   | 131.7 Kg        | 97  | 99.7 Kg         | 73  | 7.33% | 62.0 Kg         | 46 | 4.56% |
| 0.200                                   | 180.8 Kg        | 133 | 146.1 Kg        | 107 | 7.16% | 77.3 Kg         | 57 | 3.79% |
| 0.300                                   | 220.0 Kg        | 162 | 171.0 Kg        | 126 | 6.61% | 95.8 Kg         | 70 | 3.71% |
| 0.400                                   | 243.8 Kg        | 179 | 195.8 Kg        | 144 | 6.26% | 103.0 Kg        | 76 | 3.29% |
| 0.500                                   | 261.1 Kg        | 192 | 212.3 Kg        | 156 | 6.00% | 108.8 Kg        | 80 | 3.08% |

Fuente: Elaboración propia



Figura 109: Gráfica Esfuerzo vs Penetración – calicata 01

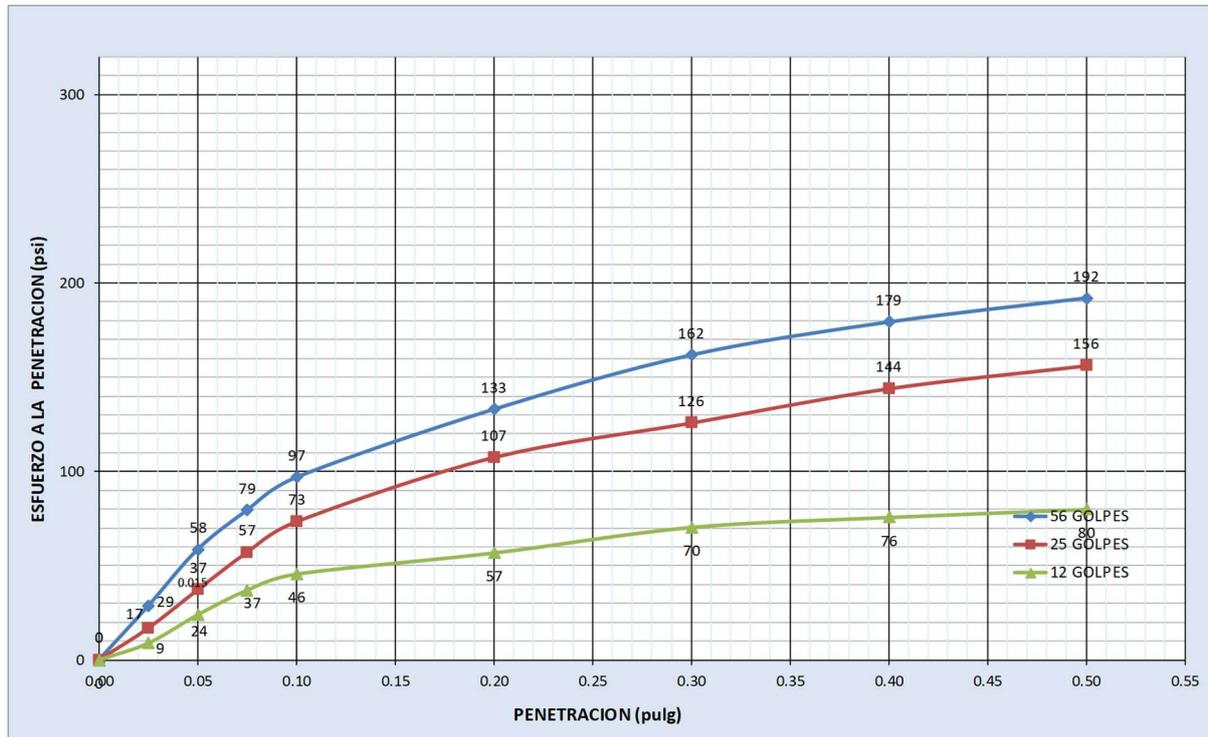
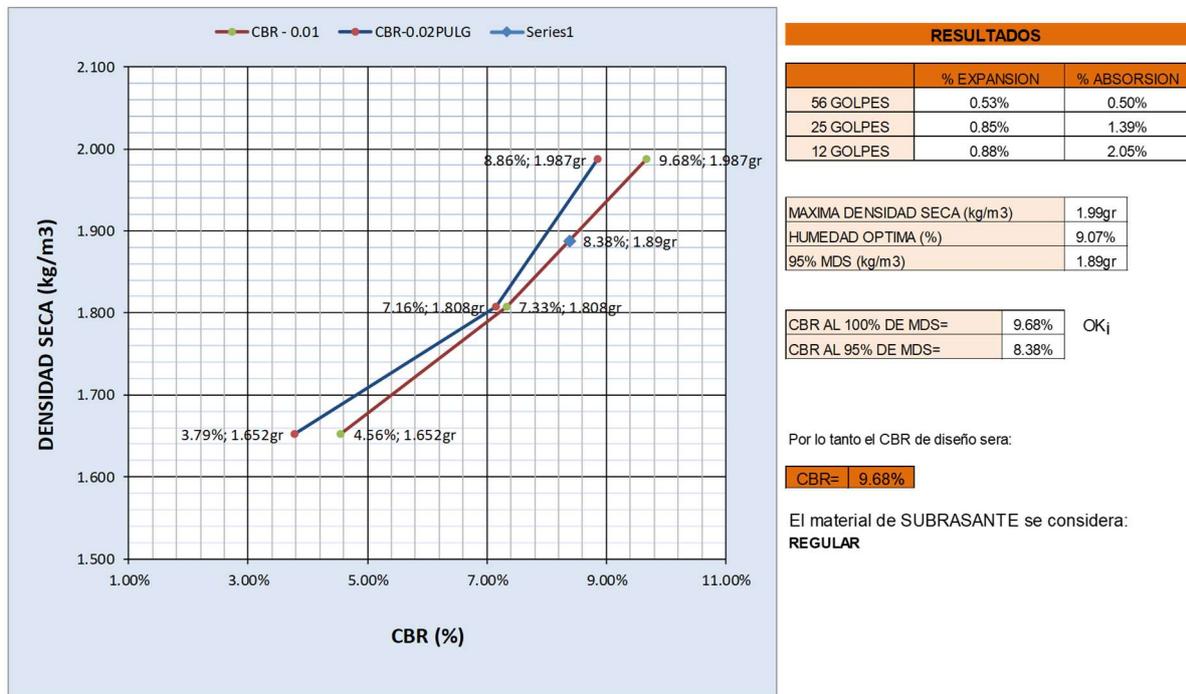


Figura 110: Gráfica Densidad seca vs CBR – calicata 01



**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORCION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLPES | 0.53%       | 0.50%       |
| 25 GOLPES | 0.85%       | 1.39%       |
| 12 GOLPES | 0.88%       | 2.05%       |

|   |        |
|---|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m <sup>3</sup> ) | 1.99gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)                        | 9.07%  |
| 95% MDS (kg/m <sup>3</sup> )              | 1.89gr |

|                     |       |                 |
|---------------------|-------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 9.68% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 8.38% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 9.68%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**REGULAR**

Fuente: Elaboración propia



Tabla 138: CBR - calicata 02

|  |   |
|--|---|
|  <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> |  |
|--|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 02/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| <b>COORDENADAS UTM</b><br><table border="1"> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> <tr> <td>182971</td> <td>8503378</td> </tr> </table>   | X                      | Y    | 182971      | 8503378 | Clasificación SUCS= CL-ML<br>Clasificación ASTTHO= A-4 (0) | <b>DATOS DEL MOLDE (cm)</b><br><table border="1"> <tr> <td>Altura</td> <td>12.00cm</td> </tr> <tr> <td>Diametro</td> <td>15.00cm</td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td>2120.58cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td>7384.00gr</td> </tr> </table> | Altura        | 12.00cm | Diametro | 15.00cm | Volumen | 2120.58cm <sup>3</sup> | Peso | 7384.00gr |
|--|------------------------|------|-------------|---------|--|---|---------------|---------|----------|---------|---------|------------------------|------|-----------|
| X  | Y                      |      |             |         |  |   |               |         |          |         |         |                        |      |           |
| 182971   | 8503378                |      |             |         |  |   |               |         |          |         |         |                        |      |           |
| Altura   | 12.00cm                |      |             |         |  |   |               |         |          |         |         |                        |      |           |
| Diametro   | 15.00cm                |      |             |         |  |   |               |         |          |         |         |                        |      |           |
| Volumen  | 2120.58cm <sup>3</sup> |      |             |         |  |   |               |         |          |         |         |                        |      |           |
| Peso   | 7384.00gr              |      |             |         |  |   |               |         |          |         |         |                        |      |           |
| <table border="1"> <tr> <td><b>CALICATA</b></td> <td>C-02</td> </tr> <tr> <td><b>SUCS</b></td> <td>CL-ML</td> </tr> <tr> <td><b>ACEITE</b></td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td><b>SABILA</b></td> <td>0.00%</td> </tr> </table> | <b>CALICATA</b>        | C-02 | <b>SUCS</b> | CL-ML   | <b>ACEITE</b>  | 0.00%   | <b>SABILA</b> | 0.00%   |          |         |         |                        |      |           |
| <b>CALICATA</b>  | C-02                   |      |             |         |  |   |               |         |          |         |         |                        |      |           |
| <b>SUCS</b>  | CL-ML                  |      |             |         |  |   |               |         |          |         |         |                        |      |           |
| <b>ACEITE</b>  | 0.00%                  |      |             |         |  |   |               |         |          |         |         |                        |      |           |
| <b>SABILA</b>  | 0.00%                  |      |             |         |  |   |               |         |          |         |         |                        |      |           |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

| DATOS DE COMPACTACION                 |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11988.0gr              |         | 11603.0gr              |         | 11488.0gr              |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4604.0gr               |         | 4219.0gr               |         | 4104.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.17gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.99gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.80gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.78gr/cm <sup>3</sup> |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                        |         |                        |         |                        |         |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 51.24gr                | 50.54gr | 50.84gr                | 51.60gr | 50.25gr                | 51.84gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 96.86gr                | 94.80gr | 96.21gr                | 88.76gr | 91.19gr                | 95.83gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 92.39gr                | 90.54gr | 92.00gr                | 85.29gr | 87.44gr                | 91.80gr |
| PESO DE AGUA                          | 4.47gr                 | 4.26gr  | 4.21gr                 | 3.47gr  | 3.75gr                 | 4.03gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 41.15gr                | 40.00gr | 41.16gr                | 33.69gr | 37.19gr                | 39.96gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 10.86%                 | 10.66%  | 10.23%                 | 10.29%  | 10.09%                 | 10.07%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 10.76%                 |         | 10.26%                 |         | 10.08%                 |         |

| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       |           |  |  |           |           |
|--|-----------|--|--|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        |  |  | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         |  |  | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12407.6gr |  |  | 12226.1gr | 12356.5gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11988.0gr |  |  | 11603.0gr | 11488.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 419.6gr   |  |  | 623.1gr   | 868.5gr   |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 3.50%     |  |  | 5.37%     | 7.56%     |

| DATOS DE ESPONJAMIENTO |                 |               |         |       |               |         |       |               |         |       |
|------------------------|-----------------|---------------|---------|-------|---------------|---------|-------|---------------|---------|-------|
| N° DE GOLPES POR CAPA  | 56              |               |         | 25    |               |         | 12    |               |         |       |
| MOLDE N°               | 1               |               |         | 2     |               |         | 3     |               |         |       |
| FECHA Y HORA           | TIEMPO EN HORAS | ESPONJAMIENTO |         |       | ESPONJAMIENTO |         |       | ESPONJAMIENTO |         |       |
|                        |                 | DIAL          | mm      | %     | DIAL          | mm      | %     | DIAL          | mm      | %     |
|                        |                 | 0.001pg       |         |       | 0.001pg       |         |       | 0.001pg       |         |       |
| 07/09/2023             | 0               | 0.0           | 0       | 0.00% | 0.0           | 0       | 0.00% | 0.0           | 0       | 0.00% |
| 08/09/2023             | 24              | 7.0           | 0.1778  | 0.15% | 10.4          | 0.26416 | 0.22% | 11.9          | 0.30226 | 0.25% |
| 09/09/2023             | 48              | 12.6          | 0.32004 | 0.27% | 17.2          | 0.43688 | 0.36% | 25.2          | 0.64008 | 0.53% |
| 10/09/2023             | 72              | 21.5          | 0.5461  | 0.46% | 25.6          | 0.65024 | 0.54% | 28.0          | 0.7112  | 0.59% |
| 11/09/2023             | 96              | 24.4          | 0.61976 | 0.52% | 36.3          | 0.92202 | 0.77% | 40.6          | 1.03124 | 0.86% |

| DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION          |  |           |                 |         |           |                 |         |           |                 |         |
|---|--|-----------|-----------------|---------|-----------|-----------------|---------|-----------|-----------------|---------|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  |           |                 |         |           |                 |         |           |                 |         |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  |           |                 |         |           |                 |         |           |                 |         |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | 56 GOLPES |                 |         | 25 GOLPES |                 |         | 12 GOLPES |                 |         |
|   |  | MOLDE N°  | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | MOLDE N°  | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | MOLDE N°  | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT |
|   |  | DIAL      | psi             | %       | DIAL      | psi             | %       | DIAL      | psi             | %       |
| 0                                       |  | 0.0 Kg    | 0               | 0       | 0.0 Kg    | 0               | 0       | 0.0 Kg    | 0               | 0       |
| 0.025                                   |  | 61.1 Kg   | 45              |         | 47.6 Kg   | 35              |         | 32.6 Kg   | 24              |         |
| 0.050                                   |  | 92.3 Kg   | 68              |         | 73.8 Kg   | 54              |         | 51.8 Kg   | 38              |         |
| 0.075                                   |  | 110.0 Kg  | 81              |         | 89.5 Kg   | 66              |         | 66.5 Kg   | 49              |         |
| 0.100                                   | 1000                                   | 123.4 Kg  | 91              | 9.07%   | 103.1 Kg  | 76              | 7.58%   | 78.1 Kg   | 57              | 5.74%   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 143.5 Kg  | 105             | 7.03%   | 121.0 Kg  | 89              | 5.93%   | 92.0 Kg   | 68              | 4.51%   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 155.9 Kg  | 115             | 6.03%   | 135.0 Kg  | 99              | 5.22%   | 108.5 Kg  | 80              | 4.20%   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 165.8 Kg  | 122             | 5.30%   | 141.3 Kg  | 104             | 4.51%   | 113.3 Kg  | 83              | 3.62%   |
| 0.500                                   | 2600                                   | 175.0 Kg  | 129             | 4.95%   | 149.5 Kg  | 110             | 4.23%   | 121.0 Kg  | 89              | 3.42%   |

Fuente: Elaboración propia



Figura 111: Gráfica Esfuerzo vs Penetración – calicata 02

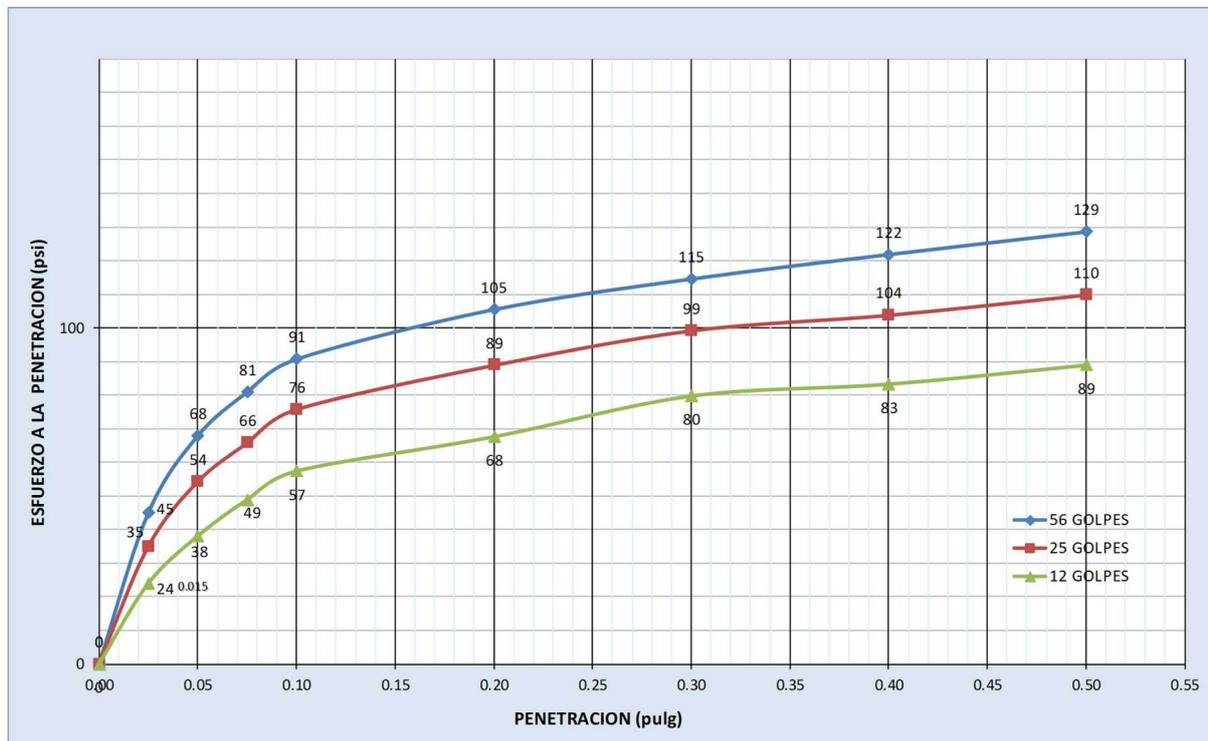
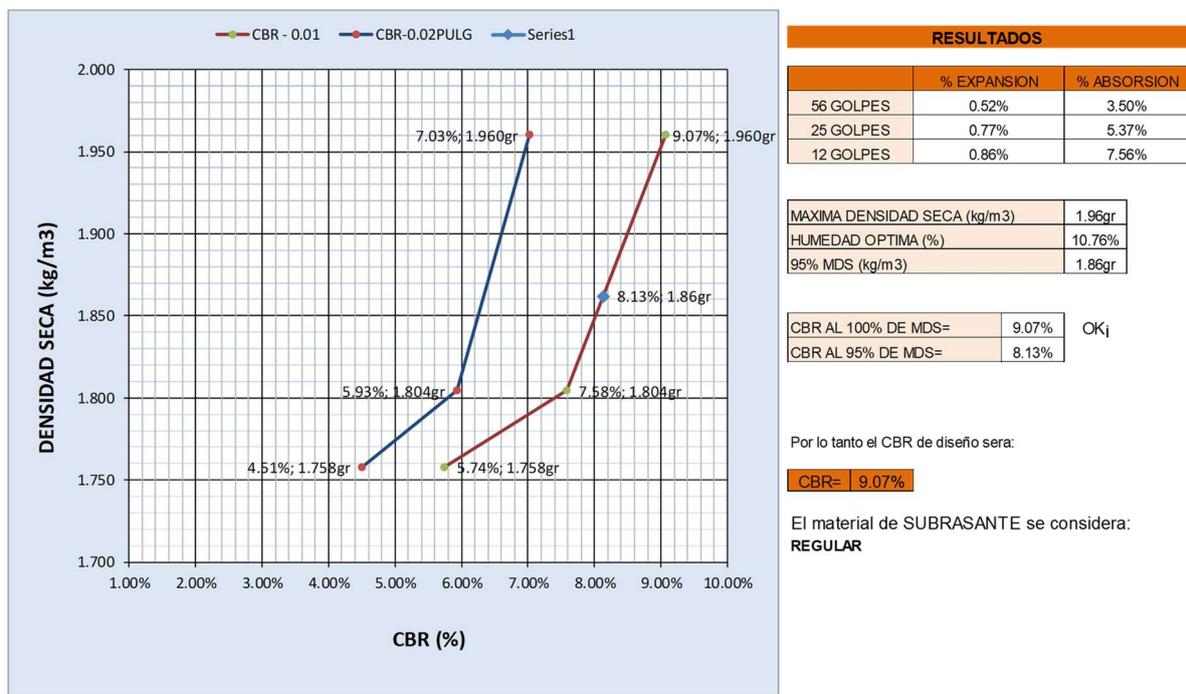


Figura 112: Gráfica Densidad seca vs CBR – calicata 02



Fuente: Elaboración propia



Tabla 139: CBR - calicata 03

|   |
|---|
|  <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br/>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>  |
|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 07/06/23   |
| <b>Testistas:</b>  | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTH= A-4 (0)

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-03  |
| <b>SUCS</b>     |       |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11946.0gr              | 11564.0gr              | 11444.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4562.0gr               | 4180.0gr               | 4060.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.15gr/cm <sup>3</sup> | 1.97gr/cm <sup>3</sup> | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.98gr/cm <sup>3</sup> | 1.82gr/cm <sup>3</sup> | 1.77gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 51.24gr                | 50.54gr                | 50.84gr                | 51.60gr | 50.25gr | 51.84gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 91.70gr                | 94.65gr                | 92.81gr                | 90.53gr | 91.97gr | 95.55gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 88.44gr                | 91.19gr                | 89.58gr                | 87.45gr | 88.85gr | 92.29gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.26gr                 | 3.46gr                 | 3.23gr                 | 3.08gr  | 3.12gr  | 3.26gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 37.20gr                | 40.65gr                | 38.74gr                | 35.85gr | 38.60gr | 40.45gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 8.76%                  | 8.52%                  | 8.33%                  | 8.58%   | 8.08%   | 8.06%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 8.64%                  |                        | 8.46%                  |         | 8.07%   |         |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12284.1gr | 12212.7gr | 12279.4gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11946.0gr | 11564.0gr | 11444.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 338.1gr   | 648.7gr   | 835.4gr   |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.83%     | 5.61%     | 7.30%     |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

|                       |                 |         |               |       |               |         |               |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|-------|---------------|---------|---------------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25      | 12            |       |               |         |               |
| MOLDE N°              | 1               | 2       | 3             |       |               |         |               |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL  | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg       | mm      | %             |
| 07/09/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0           | 0       | 0.00%         |
| 08/09/2023            | 24              | 7.3     | 0.18542       | 0.15% | 10.6          | 0.26924 | 0.22%         |
| 09/09/2023            | 48              | 12.8    | 0.32512       | 0.27% | 17.2          | 0.43688 | 0.36%         |
| 10/09/2023            | 72              | 21.6    | 0.54864       | 0.46% | 25.7          | 0.65278 | 0.54%         |
| 11/09/2023            | 96              | 24.9    | 0.63246       | 0.53% | 36.4          | 0.92456 | 0.77%         |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

|   |                            |                 |         |       |                 |         |       |                 |         |       |
|---|----------------------------|-----------------|---------|-------|-----------------|---------|-------|-----------------|---------|-------|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |                            | 56 GOLPES       |         |       | 25 GOLPES       |         |       | 12 GOLPES       |         |       |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |                            | MOLDE N°        |         |       | MOLDE N°        |         |       | MOLDE N°        |         |       |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | %     | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | %     | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | %     |
|   |                            | DIAL            | psi     | %     | DIAL            | psi     | %     | DIAL            | psi     | %     |
| 0                                       |                            | 0.0 Kg          | 0       | 0     | 0.0 Kg          | 0       | 0     | 0.0 Kg          | 0       | 0     |
| 0.025                                   |                            | 50.9 Kg         | 37      |       | 37.4 Kg         | 27      |       | 22.4 Kg         | 16      |       |
| 0.050                                   |                            | 86.1 Kg         | 63      |       | 67.6 Kg         | 50      |       | 45.6 Kg         | 34      |       |
| 0.075                                   |                            | 114.7 Kg        | 84      |       | 94.2 Kg         | 69      |       | 71.2 Kg         | 52      |       |
| 0.100                                   | 1000                       | 128.8 Kg        | 95      | 9.47% | 108.5 Kg        | 80      | 7.97% | 83.5 Kg         | 61      | 6.14% |
| 0.200                                   | 1500                       | 151.9 Kg        | 112     | 7.44% | 129.4 Kg        | 95      | 6.34% | 100.4 Kg        | 74      | 4.92% |
| 0.300                                   | 1900                       | 165.1 Kg        | 121     | 6.39% | 144.2 Kg        | 106     | 5.58% | 117.7 Kg        | 86      | 4.55% |
| 0.400                                   | 2300                       | 176.2 Kg        | 129     | 5.63% | 151.7 Kg        | 111     | 4.85% | 123.7 Kg        | 91      | 3.95% |
| 0.500                                   | 2600                       | 187.9 Kg        | 138     | 5.31% | 162.4 Kg        | 119     | 4.59% | 133.9 Kg        | 98      | 3.78% |

Fuente: Elaboración propia



Figura 113: Gráfica Esfuerzo vs Penetración – calicata 03

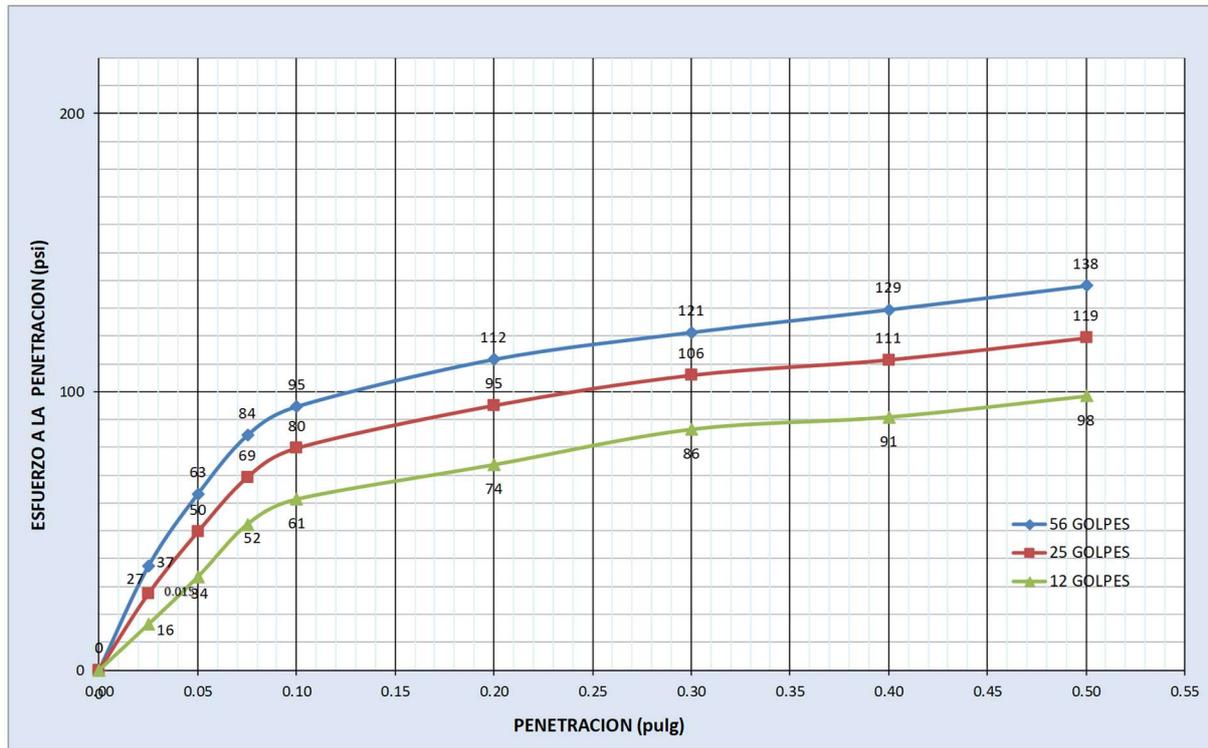
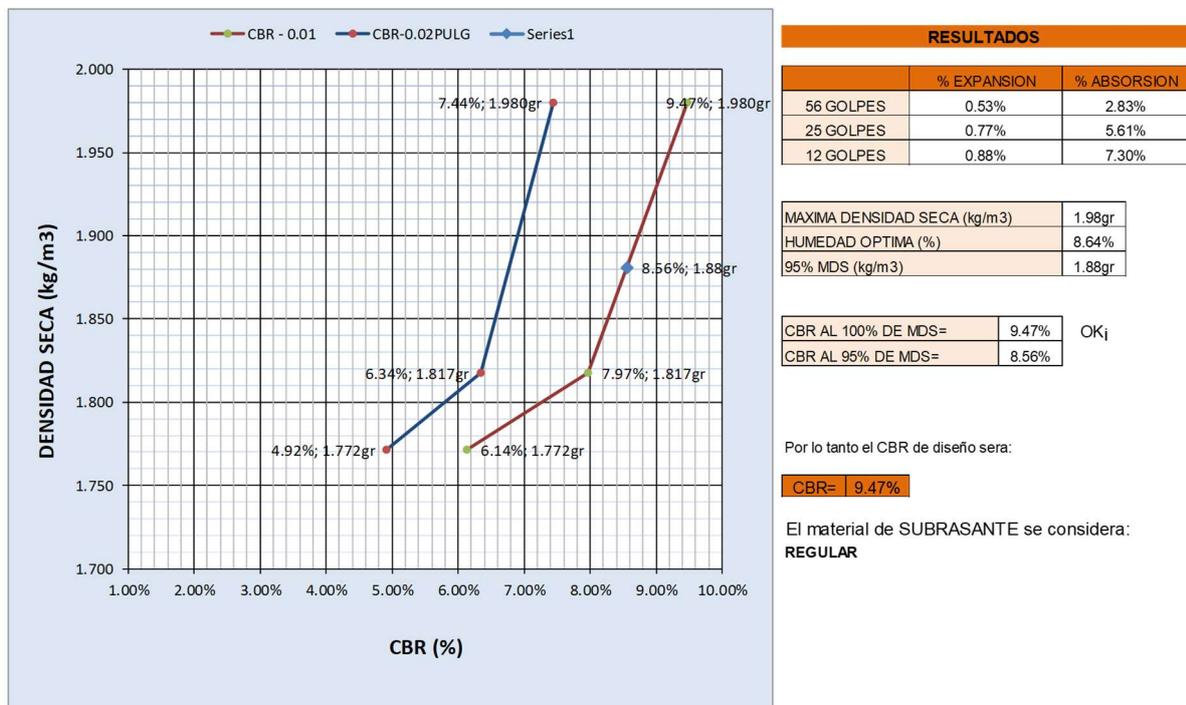


Figura 114: Gráfica Densidad seca vs CBR – calicata 03



Fuente: Elaboración propia



Tabla 140: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 12/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11937.0gr              |         | 11595.0gr              |         | 11499.0gr              |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4553.0gr               |         | 4211.0gr               |         | 4115.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.15gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.99gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.04gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.88gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.85gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr                | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 93.26gr                | 95.76gr | 94.73gr                | 94.27gr | 94.32gr                | 88.44gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 89.56gr                | 91.86gr | 91.03gr                | 90.57gr | 90.65gr                | 85.44gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.70gr                 | 3.90gr  | 3.70gr                 | 3.70gr  | 3.67gr                 | 3.00gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 72.32gr                | 74.55gr | 68.89gr                | 68.61gr | 68.49gr                | 63.36gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 5.12%                  | 5.24%   | 5.37%                  | 5.39%   | 5.36%                  | 4.73%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 5.18%                  |         | 5.38%                  |         | 5.05%                  |         |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12265.3gr | 12235.0gr | 12348.8gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 285.3gr   | 685.0gr   | 1138.8gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.38%     | 5.93%     | 10.16%    |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

|                       |                 |         |               |         |               |         |               |      |         |       |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|------|---------|-------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |         |               | 25      |               |         | 12            |      |         |       |
| MOLDE N°              | 1               |         |               | 2       |               |         | 3             |      |         |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO |      |         |       |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | 0.001pg | mm            | 0.001pg | mm            |      |         |       |
| 07/09/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00%   | 0.0           | 0       | 0.00%         | 0.0  | 0.00%   |       |
| 08/09/2023            | 24              | 7.7     | 0.19558       | 0.16%   | 10.8          | 0.27432 | 0.23%         | 12.2 | 0.30988 | 0.26% |
| 09/09/2023            | 48              | 14.1    | 0.35814       | 0.30%   | 17.5          | 0.4445  | 0.37%         | 28.1 | 0.71374 | 0.59% |
| 10/09/2023            | 72              | 21.9    | 0.55626       | 0.46%   | 27.7          | 0.70358 | 0.59%         | 28.8 | 0.73152 | 0.61% |
| 11/09/2023            | 96              | 26.0    | 0.6604        | 0.55%   | 41.6          | 1.05664 | 0.88%         | 43.3 | 1.09982 | 0.92% |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

|   |  |                 |         |                 |           |                 |         |                 |         |  |
|---|--|-----------------|---------|-----------------|-----------|-----------------|---------|-----------------|---------|--|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |         |                 | 25 GOLPES |                 |         | 12 GOLPES       |         |  |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |         |                 | MOLDE N°  |                 |         | MOLDE N°        |         |  |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT   | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT |  |
|   |  | DIAL            | psi     | DIAL            | psi       | DIAL            | psi     | DIAL            | psi     |  |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0       | 0.0 Kg          | 0         | 0.0 Kg          | 0       | 0.0 Kg          | 0       |  |
| 0.025                                   |  | 65.8 Kg         | 48      | 50.1 Kg         | 37        | 41.4 Kg         | 30      |                 |         |  |
| 0.050                                   |  | 121.3 Kg        | 89      | 98.7 Kg         | 73        | 82.9 Kg         | 61      |                 |         |  |
| 0.075                                   |  | 155.3 Kg        | 114     | 126.6 Kg        | 93        | 98.6 Kg         | 72      |                 |         |  |
| 0.100                                   | 1000                                   | 175.0 Kg        | 129     | 146.0 Kg        | 107       | 109.2 Kg        | 80      | 8.02%           |         |  |
| 0.200                                   | 1500                                   | 204.1 Kg        | 150     | 162.9 Kg        | 120       | 125.1 Kg        | 92      | 6.13%           |         |  |
| 0.300                                   | 1900                                   | 228.1 Kg        | 168     | 189.1 Kg        | 139       | 160.2 Kg        | 118     | 6.20%           |         |  |
| 0.400                                   | 2300                                   | 260.0 Kg        | 191     | 199.4 Kg        | 147       | 175.5 Kg        | 129     | 5.61%           |         |  |
| 0.500                                   | 2600                                   | 303.9 Kg        | 223     | 258.6 Kg        | 190       | 210.2 Kg        | 154     | 5.94%           |         |  |

Fuente: Elaboración propia



Figura 115: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

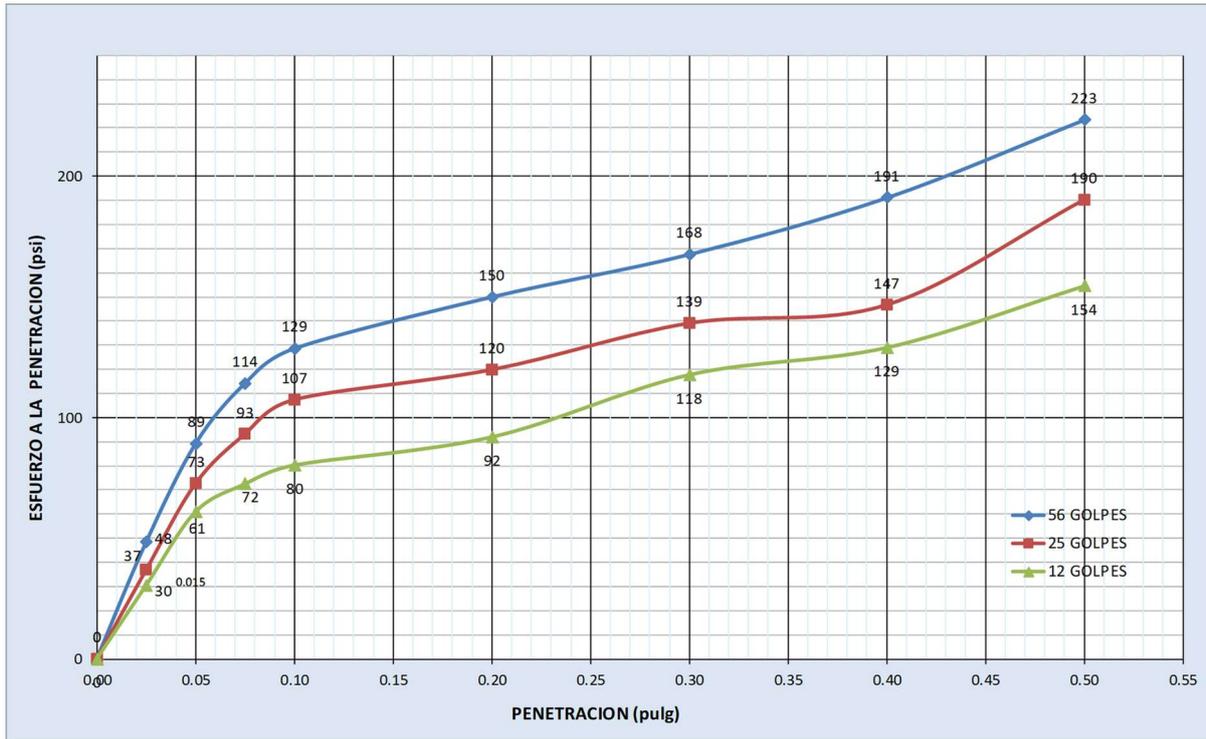
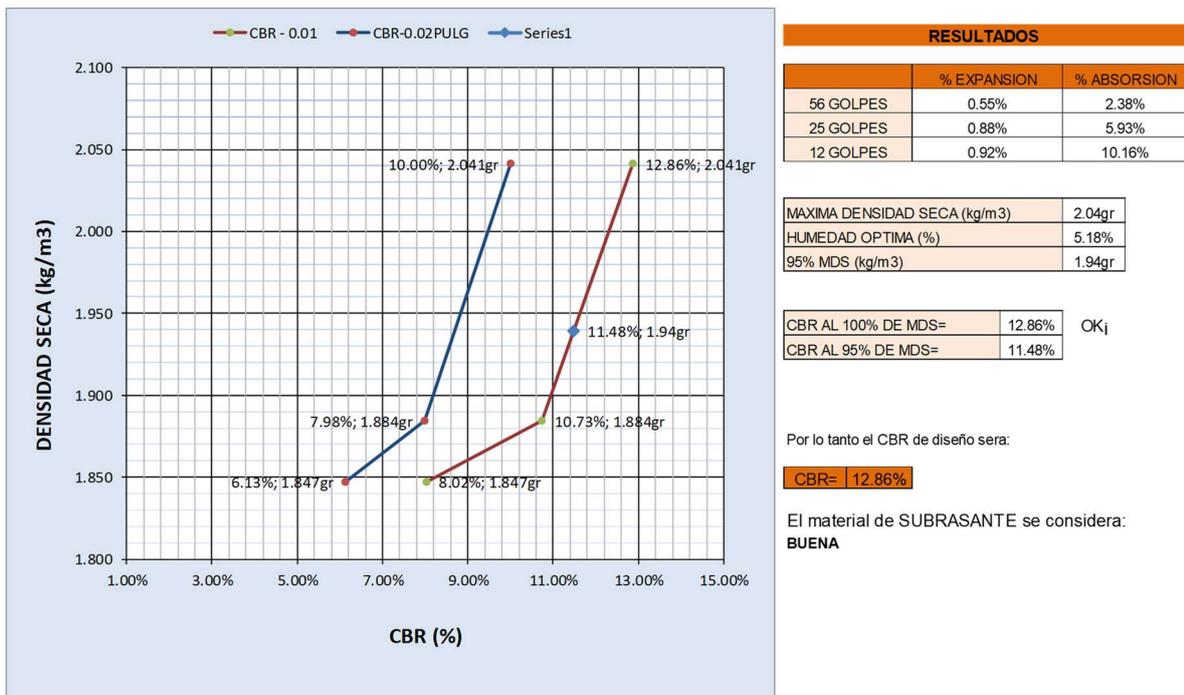


Figura 116: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1



Fuente: Elaboración propia



Tabla 141: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|---|--|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 16/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| Clasificación SUCS= CL-ML<br>Clasificación ASTHO= A-4 (0)   |                        | DATOS DEL MOLDE (cm) |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |
|---|------------------------|----------------------|------|-------------|-------|---------------|---------|--|--------|---------|----------|---------|---------|------------------------|------|-----------|
| <table border="1"> <tr> <th colspan="2">COORDENADAS UTM</th> </tr> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> <tr> <td>182971</td> <td>8503378</td> </tr> </table>  |                        | COORDENADAS UTM      |      | X           | Y     | 182971        | 8503378 | <table border="1"> <tr> <td>Altura</td> <td>12.00cm</td> </tr> <tr> <td>Diametro</td> <td>15.00cm</td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td>2120.58cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td>7384.00gr</td> </tr> </table> | Altura | 12.00cm | Diametro | 15.00cm | Volumen | 2120.58cm <sup>3</sup> | Peso | 7384.00gr |
| COORDENADAS UTM   |                        |                      |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |
| X   | Y                      |                      |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |
| 182971  | 8503378                |                      |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |
| Altura  | 12.00cm                |                      |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |
| Diametro  | 15.00cm                |                      |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |
| Volumen   | 2120.58cm <sup>3</sup> |                      |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |
| Peso  | 7384.00gr              |                      |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |
| <table border="1"> <tr> <td><b>CALICATA</b></td> <td>C-02</td> </tr> <tr> <td><b>SUCS</b></td> <td>CL-ML</td> </tr> <tr> <td><b>ACEITE</b></td> <td>8.00%</td> </tr> <tr> <td><b>SABILA</b></td> <td>25.00%</td> </tr> </table> |                        | <b>CALICATA</b>      | C-02 | <b>SUCS</b> | CL-ML | <b>ACEITE</b> | 8.00%   | <b>SABILA</b>  | 25.00% |         |          |         |         |                        |      |           |
| <b>CALICATA</b>   | C-02                   |                      |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |
| <b>SUCS</b>   | CL-ML                  |                      |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%                  |                      |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |
| <b>SABILA</b>   | 25.00%                 |                      |      |             |       |               |         |  |        |         |          |         |         |                        |      |           |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11866.0gr              |         | 11507.0gr              |         | 11385.0gr              |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4482.0gr               |         | 4123.0gr               |         | 4001.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.11gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.89gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.02gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.85gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.80gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPiente N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       |
| PESO RECIPiente                       | 17.24gr                | 17.31gr | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr                | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPiente  | 95.89gr                | 88.71gr | 95.81gr                | 95.57gr | 90.56gr                | 94.67gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPiente | 92.19gr                | 85.60gr | 92.32gr                | 92.07gr | 87.45gr                | 91.33gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.70gr                 | 3.11gr  | 3.49gr                 | 3.50gr  | 3.11gr                 | 3.34gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 74.95gr                | 68.29gr | 70.18gr                | 70.11gr | 65.29gr                | 69.25gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.94%                  | 4.55%   | 4.97%                  | 5.00%   | 4.77%                  | 4.82%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.75%                  |         | 4.99%                  |         | 4.80%                  |         |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12243.3gr | 12123.8gr | 12226.4gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 263.3gr   | 573.8gr   | 1016.4gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.20%     | 4.97%     | 9.07%     |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

|                       |                 |         |               |       |               |         |               |         |               |       |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|-------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|-------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |         |               | 25    |               |         | 12            |         |               |       |
| MOLDE N°              | 1               |         |               | 2     |               |         | 3             |         |               |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL  | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg       | mm      | %             | 0.001pg | mm            | %     |
| 07/09/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0           | 0       | 0.00%         | 0.0     | 0             | 0.00% |
| 08/09/2023            | 24              | 8.1     | 0.20574       | 0.17% | 11.7          | 0.29718 | 0.25%         | 12.4    | 0.31496       | 0.26% |
| 09/09/2023            | 48              | 14.5    | 0.3883        | 0.31% | 18.6          | 0.47244 | 0.39%         | 29.3    | 0.74422       | 0.62% |
| 10/09/2023            | 72              | 22.6    | 0.57404       | 0.48% | 28.5          | 0.7239  | 0.60%         | 30.3    | 0.76962       | 0.64% |
| 11/09/2023            | 96              | 26.6    | 0.67564       | 0.56% | 43.8          | 1.11252 | 0.93%         | 46.1    | 1.17094       | 0.98% |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

|   |  |                 |          |                 |           |                 |          |                 |          |       |
|---|--|-----------------|----------|-----------------|-----------|-----------------|----------|-----------------|----------|-------|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |          |                 | 25 GOLPES |                 |          | 12 GOLPES       |          |       |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |          |                 | MOLDE N°  |                 |          | MOLDE N°        |          |       |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATR | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATR  | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATR | CARGA DE ENSAYO | CBR/PATR |       |
|   |  | DIAL            | psi      | %               | DIAL      | psi             | %        | DIAL            | psi      | %     |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0        | 0               | 0.0 Kg    | 0               | 0        | 0.0 Kg          | 0        | 0     |
| 0.025                                   |  | 69.9 Kg         | 51       |                 | 53.5 Kg   | 39              |          | 40.1 Kg         | 29       |       |
| 0.050                                   |  | 119.0 Kg        | 87       |                 | 93.3 Kg   | 69              |          | 70.3 Kg         | 52       |       |
| 0.075                                   |  | 139.1 Kg        | 102      |                 | 121.4 Kg  | 89              |          | 103.3 Kg        | 76       |       |
| 0.100                                   | 1000                                   | 154.4 Kg        | 113      | 11.35%          | 137.1 Kg  | 101             | 10.08%   | 110.9 Kg        | 81       | 8.15% |
| 0.200                                   | 1500                                   | 176.5 Kg        | 130      | 8.65%           | 158.0 Kg  | 116             | 7.74%    | 121.3 Kg        | 89       | 5.94% |
| 0.300                                   | 1900                                   | 204.0 Kg        | 150      | 7.89%           | 169.1 Kg  | 124             | 6.54%    | 139.7 Kg        | 103      | 5.40% |
| 0.400                                   | 2300                                   | 221.5 Kg        | 163      | 7.08%           | 193.9 Kg  | 142             | 6.20%    | 149.4 Kg        | 110      | 4.77% |
| 0.500                                   | 2600                                   | 226.6 Kg        | 167      | 6.40%           | 201.2 Kg  | 148             | 5.69%    | 153.4 Kg        | 113      | 4.34% |

Fuente: Elaboración propia



Figura 117: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

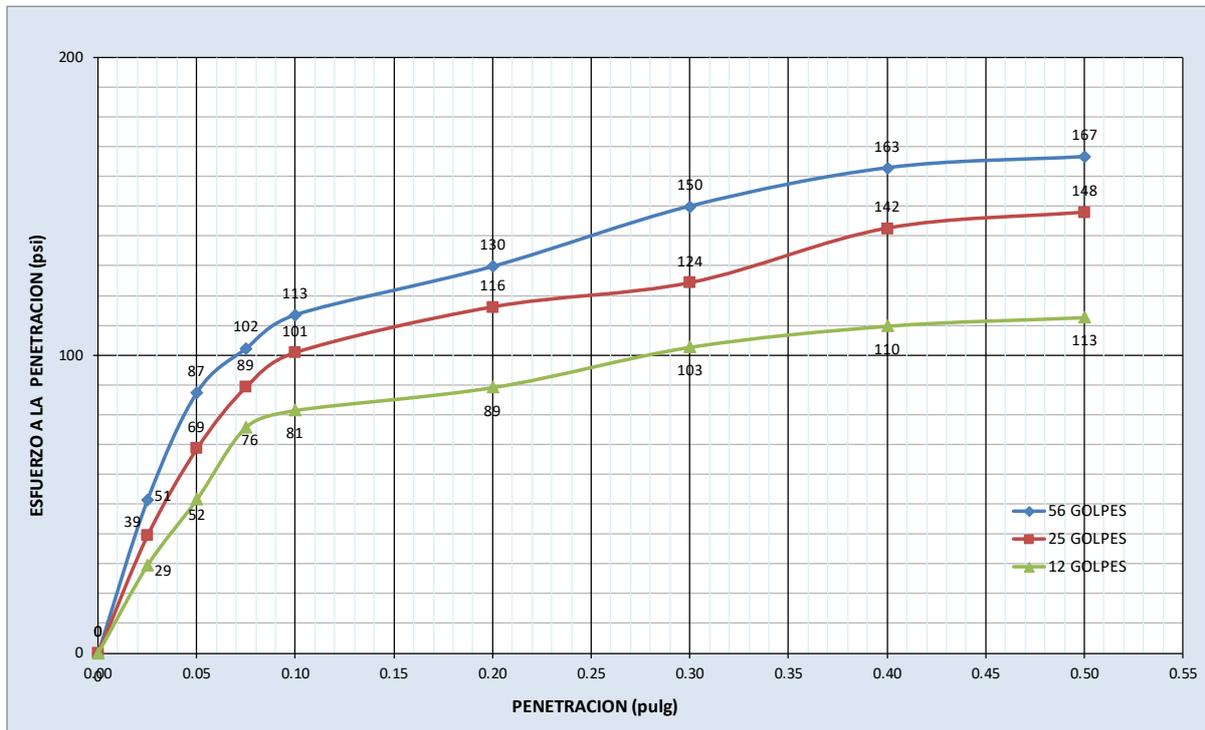
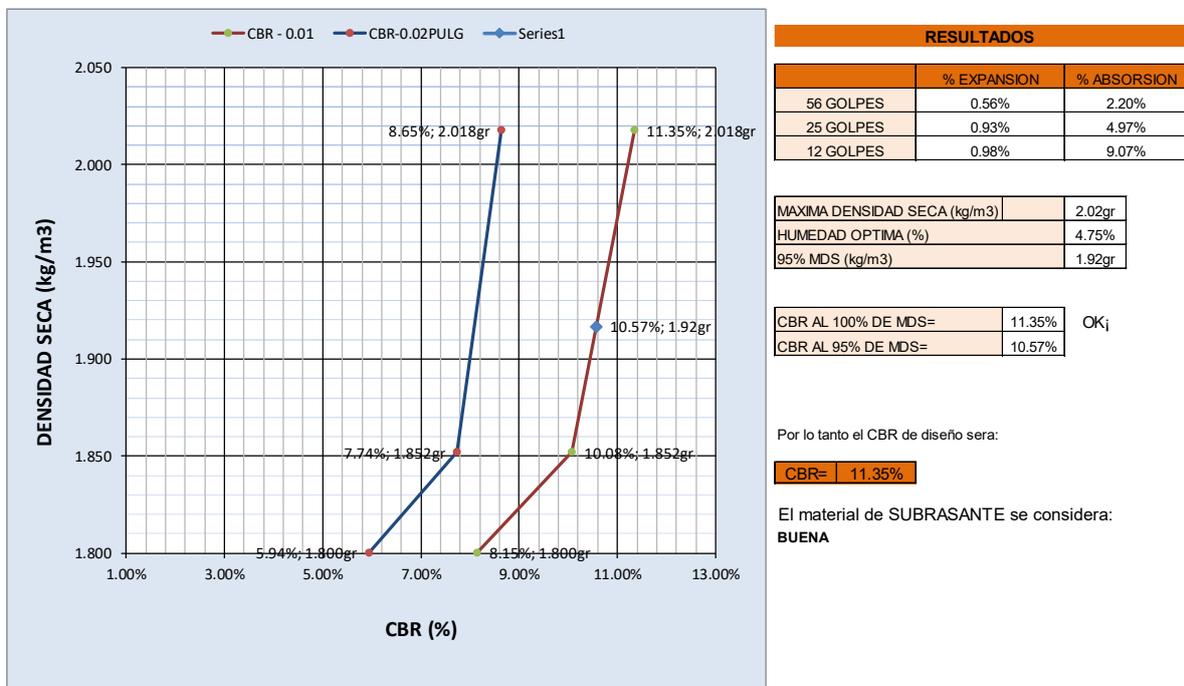


Figura 118: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 142: CBR suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E. 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 21/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamleth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                        |        |         |                 |        |                             |                        |          |
|------------------------|--------|---------|-----------------|--------|-----------------------------|------------------------|----------|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | X      | Y       | <b>CALICATA</b> | C-02   | <b>DATOS DEL MOLDE (cm)</b> | Altura                 | 12.00cm  |
|                        | 182898 | 8503402 |                 | SUCS   |                             | CL-ML                  | Diametro |
|                        |        |         | ACEITE          | 8.00%  | Volumen                     | 2120.58cm <sup>3</sup> |          |
|                        |        |         | SABILA          | 25.00% | Peso                        | 7384.00gr              |          |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11880.0gr              |         | 11530.0gr              |         | 11429.0gr              |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4496.0gr               |         | 4146.0gr               |         | 4045.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.12gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.03gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.87gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPiente N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       |
| PESO RECIPiente                       | 17.24gr                | 17.31gr | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr                | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPiente  | 92.59gr                | 90.66gr | 89.33gr                | 95.53gr | 92.80gr                | 88.82gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPiente | 89.43gr                | 87.66gr | 86.47gr                | 92.28gr | 89.78gr                | 86.13gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.16gr                 | 3.00gr  | 2.86gr                 | 3.25gr  | 3.02gr                 | 2.69gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 72.19gr                | 70.35gr | 64.33gr                | 70.32gr | 67.62gr                | 64.05gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.38%                  | 4.27%   | 4.45%                  | 4.62%   | 4.47%                  | 4.21%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.32%                  |         | 4.54%                  |         | 4.34%                  |         |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |           |    |           |
|--|-----------|----|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25 | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2  | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12207.9gr |    | 12175.7gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr |    | 11550.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 227.9gr   |    | 625.7gr   |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 1.90%     |    | 5.42%     |
|  |           |    | 9.46%     |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

|                       |                 |                 |                     |       |                 |                     |       |                 |                     |       |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-------|-----------------|---------------------|-------|-----------------|---------------------|-------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |                 |                     | 25    |                 |                     | 12    |                 |                     |       |
| MOLDE N°              | 1               |                 |                     | 2     |                 |                     | 3     |                 |                     |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %     | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %     | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %     |
| 07/09/2023            | 0               | 0.0             | 0                   | 0.00% | 0.0             | 0                   | 0.00% | 0.0             | 0                   | 0.00% |
| 08/09/2023            | 24              | 8.1             | 0.20574             | 0.17% | 11.6            | 0.29464             | 0.25% | 12.5            | 0.3175              | 0.26% |
| 09/09/2023            | 48              | 15.0            | 0.381               | 0.32% | 17.9            | 0.45466             | 0.38% | 28.6            | 0.72644             | 0.61% |
| 10/09/2023            | 72              | 22.6            | 0.57404             | 0.48% | 28.1            | 0.71374             | 0.59% | 29.5            | 0.7493              | 0.62% |
| 11/09/2023            | 96              | 26.7            | 0.67818             | 0.57% | 43.1            | 1.09474             | 0.91% | 45.3            | 1.15062             | 0.96% |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

|   |  |                 |     |         |                 |     |         |                 |     |         |
|---|--|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |     |         | 25 GOLPES       |     |         | 12 GOLPES       |     |         |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT |
|   |  | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       |
| 0.025                                   |  | 70.0 Kg         | 51  |         | 55.6 Kg         | 41  |         | 41.5 Kg         | 30  |         |
| 0.050                                   |  | 118.5 Kg        | 87  |         | 95.4 Kg         | 70  |         | 75.7 Kg         | 56  |         |
| 0.075                                   |  | 155.4 Kg        | 114 |         | 126.5 Kg        | 93  |         | 100.1 Kg        | 74  |         |
| 0.100                                   | 1000                                   | 170.7 Kg        | 125 | 12.54%  | 142.5 Kg        | 105 | 10.47%  | 111.8 Kg        | 82  | 8.22%   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 186.4 Kg        | 137 | 9.13%   | 159.7 Kg        | 117 | 7.82%   | 126.6 Kg        | 93  | 6.20%   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 203.4 Kg        | 149 | 7.87%   | 167.6 Kg        | 123 | 6.48%   | 134.9 Kg        | 99  | 5.22%   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 211.1 Kg        | 155 | 6.74%   | 178.2 Kg        | 131 | 5.69%   | 145.6 Kg        | 107 | 4.65%   |
| 0.500                                   | 2800                                   | 225.7 Kg        | 166 | 6.38%   | 185.6 Kg        | 136 | 5.25%   | 159.5 Kg        | 117 | 4.51%   |

Fuente: Elaboración propia



Figura 119: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

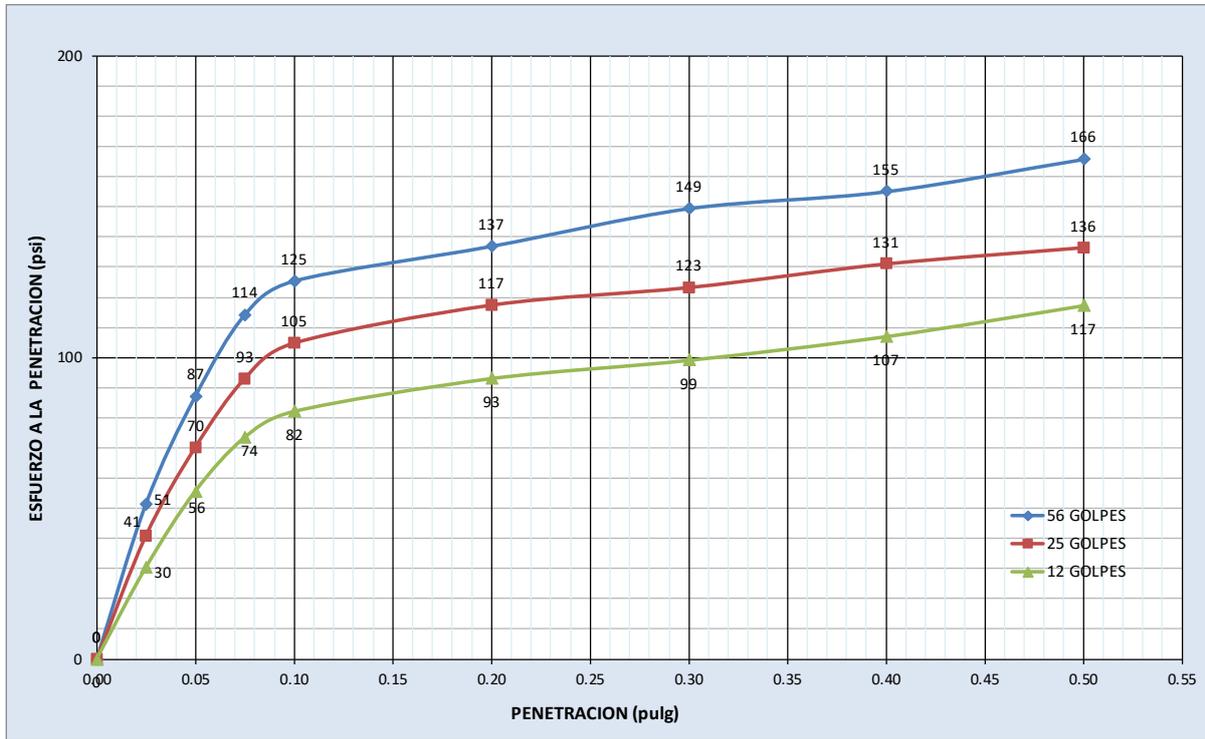
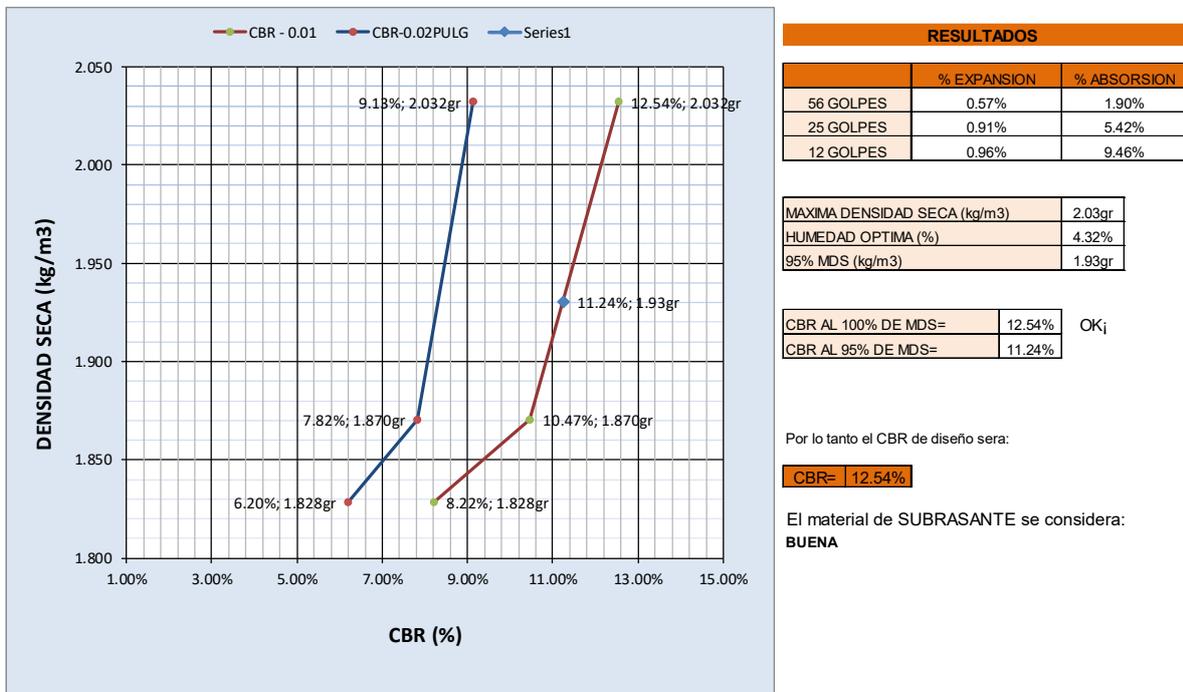


Figura 120: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3



Fuente: Elaboración propia



Tabla 143: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|   |   |
|---|---|
|  <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br/>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> |  |
|---|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR   |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos   |
| <b>Fecha:</b>      | 26/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigyte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

| CALICATA |        |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 50.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |                        |                        |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11919.0gr              | 11539.0gr              | 11441.0gr              |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4535.0gr               | 4155.0gr               | 4057.0gr               |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.14gr/cm <sup>3</sup> | 1.96gr/cm <sup>3</sup> | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD SECA                         | 2.05gr/cm <sup>3</sup> | 1.87gr/cm <sup>3</sup> | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |                        |                        |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 92.41gr                | 90.39gr                | 95.31gr                |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 89.19gr                | 87.24gr                | 91.92gr                |
| PESO DE AGUA                          | 3.22gr                 | 3.15gr                 | 3.39gr                 |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 71.95gr                | 69.93gr                | 68.78gr                |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.48%                  | 4.51%                  | 4.86%                  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.50%                  |                        | 4.75%                  |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12242.0gr | 12151.7gr | 12294.5gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 262.0gr   | 601.7gr   | 1084.5gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.19%     | 5.21%     | 9.67%     |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

|                       |                 |         |               |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25      | 12            |
| MOLDE N°              | 1               | 2       | 3             |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO |
|                       |                 | 0.001pg | mm            |
|                       |                 | 0       | 0             |
| 07/09/2023            | 0               | 0.0     | 0.00%         |
| 08/09/2023            | 24              | 7.5     | 0.1905        |
| 09/09/2023            | 48              | 14.1    | 0.35814       |
| 10/09/2023            | 72              | 21.8    | 0.55372       |
| 11/09/2023            | 96              | 25.3    | 0.64262       |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

|   |                 |          |        |          |          |        |                 |          |       |                 |     |   |
|---|-----------------|----------|--------|----------|----------|--------|-----------------|----------|-------|-----------------|-----|---|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                | 56 GOLPES       |          |        |          |          |        | 25 GOLPES       |          |       | 12 GOLPES       |     |   |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas | MOLDE N°        |          |        |          |          |        | MOLDE N°        |          |       | MOLDE N°        |     |   |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGA DE ENSAYO |          |        |          |          |        | CARGA DE ENSAYO |          |       | CARGA DE ENSAYO |     |   |
|   | CARGAS TIPO     |          |        |          |          |        | CARGAS TIPO     |          |       | CARGAS TIPO     |     |   |
|   | lb/pulg2 (psi)  |          |        |          |          |        | lb/pulg2 (psi)  |          |       | lb/pulg2 (psi)  |     |   |
|   | DIAL            | psi      | %      | DIAL     | psi      | %      | DIAL            | psi      | %     | DIAL            | psi | % |
| 0                                       | 0.0 Kg          | 0        | 0      | 0.0 Kg   | 0        | 0      | 0.0 Kg          | 0        | 0     | 0.0 Kg          | 0   | 0 |
| 0.025                                   | 62.5 Kg         | 46       |        | 52.1 Kg  | 38       |        | 32.6 Kg         | 24       |       |                 |     |   |
| 0.050                                   | 111.3 Kg        | 82       |        | 92.8 Kg  | 68       |        | 56.6 Kg         | 42       |       |                 |     |   |
| 0.075                                   | 155.0 Kg        | 114      |        | 126.0 Kg | 93       |        | 76.6 Kg         | 56       |       |                 |     |   |
| 0.100                                   | 180.9 Kg        | 133      | 13.29% | 139.1 Kg | 102      | 10.22% | 82.4 Kg         | 61       | 6.06% |                 |     |   |
| 0.200                                   | 223.1 Kg        | 164      | 10.93% | 181.4 Kg | 133      | 8.89%  | 111.5 Kg        | 82       | 5.46% |                 |     |   |
| 0.300                                   | 1900            | 249.0 Kg | 183    | 9.63%    | 190.7 Kg | 140    | 7.38%           | 126.2 Kg | 93    | 4.88%           |     |   |
| 0.400                                   | 2300            | 270.3 Kg | 199    | 8.64%    | 219.2 Kg | 161    | 7.00%           | 141.4 Kg | 104   | 4.52%           |     |   |
| 0.500                                   | 2600            | 292.4 Kg | 215    | 8.26%    | 247.4 Kg | 182    | 6.99%           | 150.4 Kg | 111   | 4.25%           |     |   |

Fuente: Elaboración propia



Figura 121: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

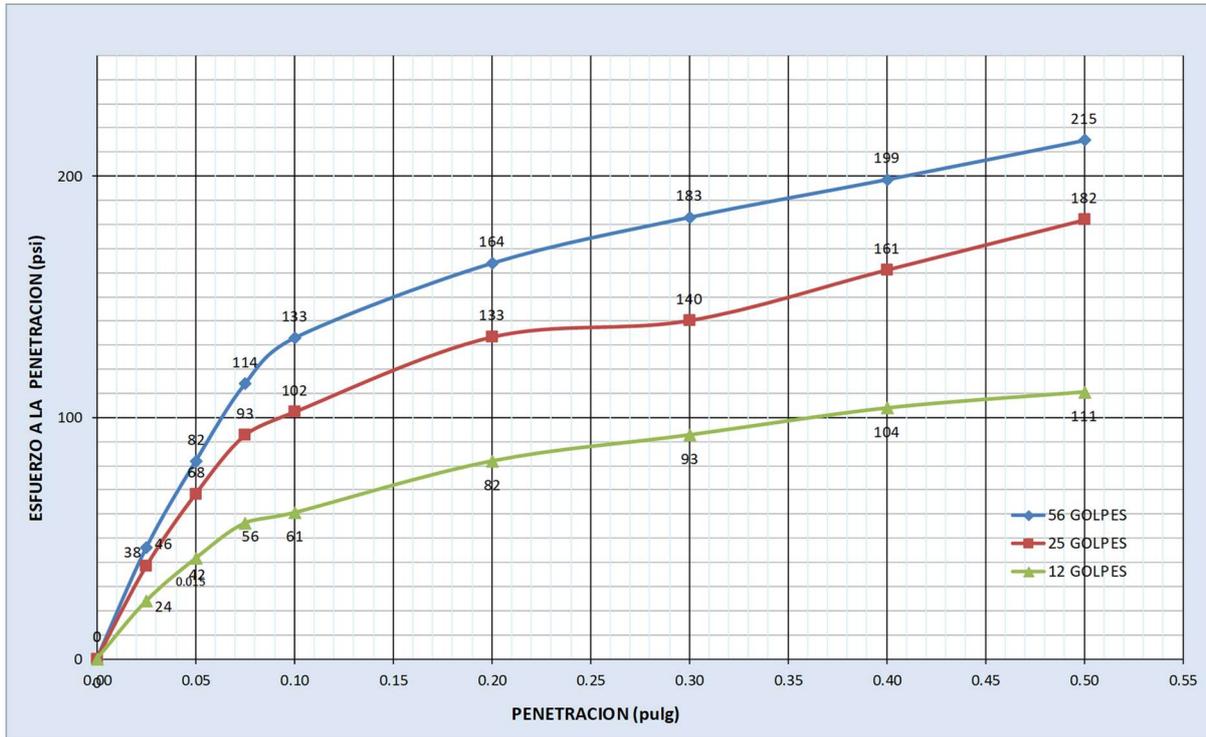
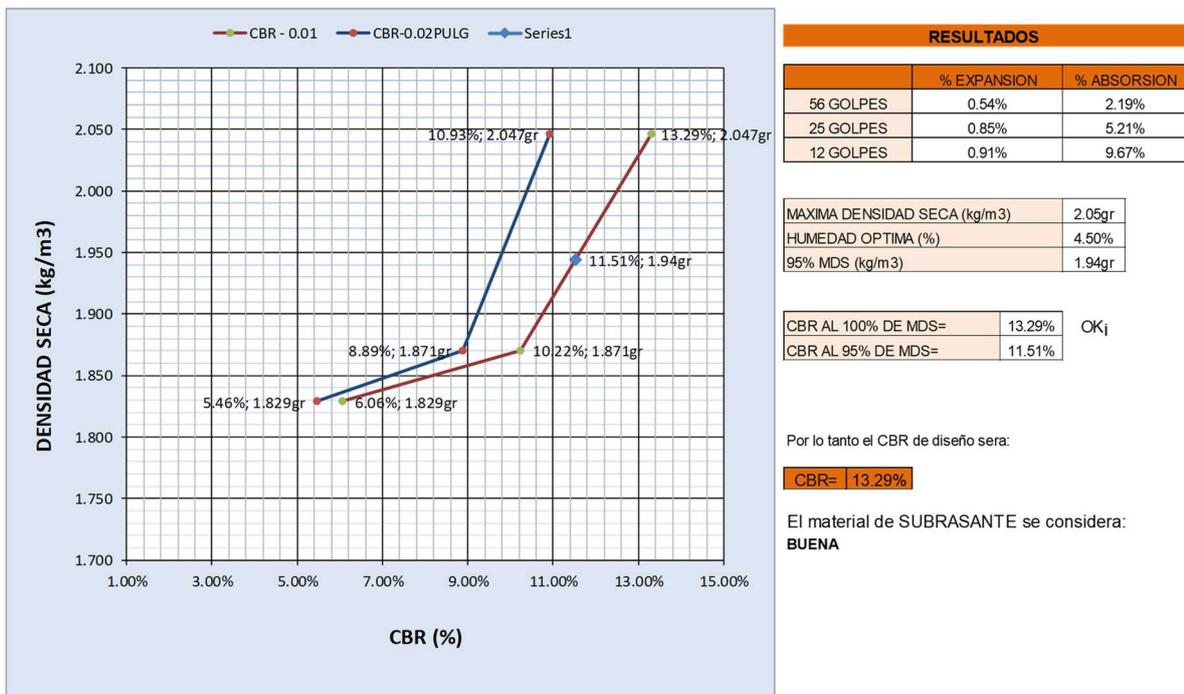


Figura 122: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1



Fuente: Elaboración propia



Tabla 144: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 30/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11789.0gr              | 11423.0gr              | 11299.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4405.0gr               | 4039.0gr               | 3915.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.08gr/cm <sup>3</sup> | 1.90gr/cm <sup>3</sup> | 1.85gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.97gr/cm <sup>3</sup> | 1.81gr/cm <sup>3</sup> | 1.76gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 95.51gr                | 95.26gr                | 90.09gr                | 93.57gr | 90.65gr | 92.78gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 91.53gr                | 91.21gr                | 86.65gr                | 89.94gr | 87.27gr | 89.30gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.98gr                 | 4.05gr                 | 3.44gr                 | 3.63gr  | 3.38gr  | 3.48gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 74.29gr                | 73.90gr                | 64.51gr                | 67.98gr | 65.11gr | 67.22gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 5.36%                  | 5.48%                  | 5.34%                  | 5.34%   | 5.19%   | 5.18%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 5.42%                  |                        | 5.34%                  |         | 5.19%   |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12193.4gr | 12042.1gr | 12139.6gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 213.4gr   | 492.1gr   | 929.6gr   |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 1.78%     | 4.26%     | 8.29%     |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25      | 12            |       |         |               |       |         |               |       |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|
| MOLDE N°              | 1               | 2       | 3             |       |         |               |       |         |               |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | 1       |               |       | 2       |               |       | 3       |               |       |
|                       |                 | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     |
| 07/09/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% |
| 08/09/2023            | 24              | 7.8     | 0.19812       | 0.17% | 11.2    | 0.28448       | 0.24% | 12.2    | 0.30988       | 0.26% |
| 09/09/2023            | 48              | 14.4    | 0.36576       | 0.30% | 17.9    | 0.45466       | 0.38% | 28.1    | 0.71374       | 0.59% |
| 10/09/2023            | 72              | 22.2    | 0.56388       | 0.47% | 27.8    | 0.70612       | 0.59% | 29.1    | 0.73914       | 0.62% |
| 11/09/2023            | 96              | 26.6    | 0.67564       | 0.56% | 42.6    | 1.08204       | 0.90% | 44.2    | 1.12268       | 0.94% |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

|   |  |                 |     |         |                 |     |         |                 |     |         |
|---|--|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |     |         | 25 GOLPES       |     |         | 12 GOLPES       |     |         |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT |
|   |  | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       |
| 0.025                                   |  | 69.7 Kg         | 51  |         | 56.6 Kg         | 42  |         | 39.3 Kg         | 29  |         |
| 0.050                                   |  | 138.9 Kg        | 102 |         | 95.8 Kg         | 70  |         | 70.1 Kg         | 52  |         |
| 0.075                                   |  | 169.1 Kg        | 124 |         | 128.1 Kg        | 94  |         | 92.6 Kg         | 68  |         |
| 0.100                                   | 1000                                   | 191.4 Kg        | 141 | 14.07%  | 143.1 Kg        | 105 | 10.52%  | 101.1 Kg        | 74  | 7.43%   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 206.2 Kg        | 152 | 10.10%  | 168.1 Kg        | 124 | 8.24%   | 120.4 Kg        | 88  | 5.90%   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 214.0 Kg        | 157 | 8.28%   | 177.0 Kg        | 130 | 6.85%   | 124.7 Kg        | 92  | 4.82%   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 225.7 Kg        | 166 | 7.21%   | 189.7 Kg        | 139 | 6.06%   | 131.2 Kg        | 96  | 4.19%   |
| 0.500                                   | 2600                                   | 236.3 Kg        | 174 | 6.68%   | 198.6 Kg        | 146 | 5.61%   | 153.4 Kg        | 113 | 4.34%   |

Fuente: Elaboración propia



Figura 123: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

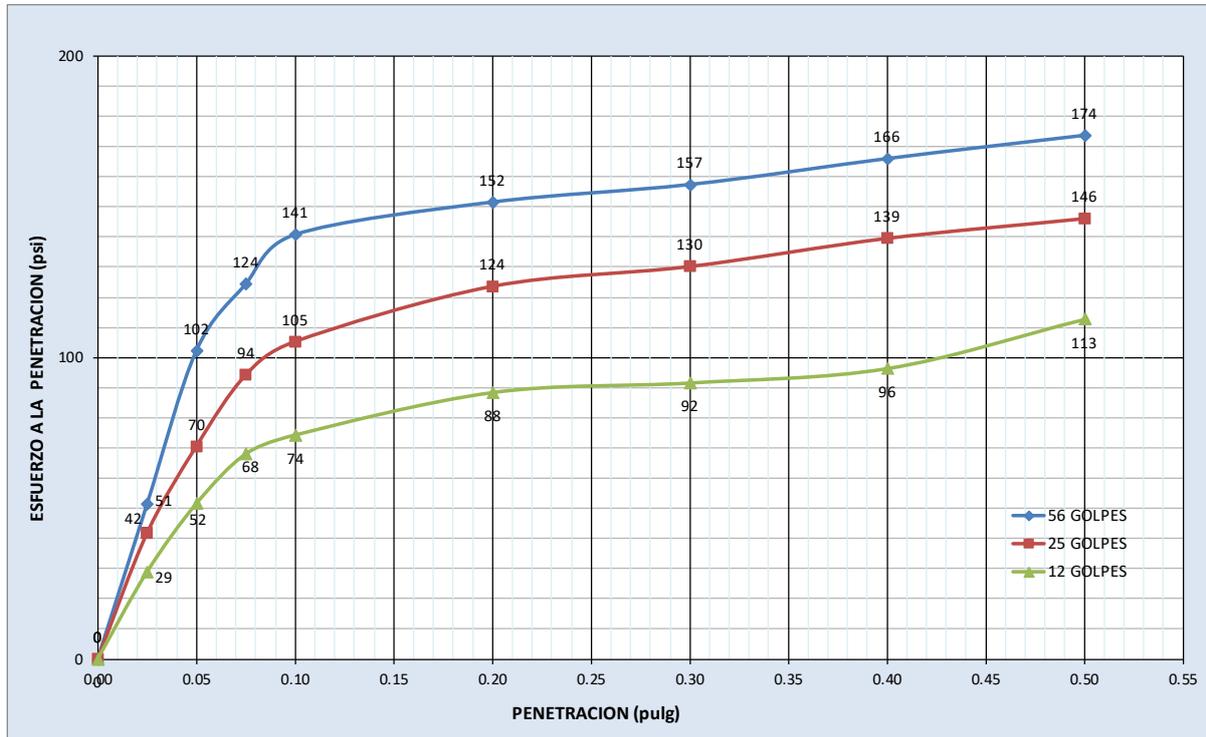
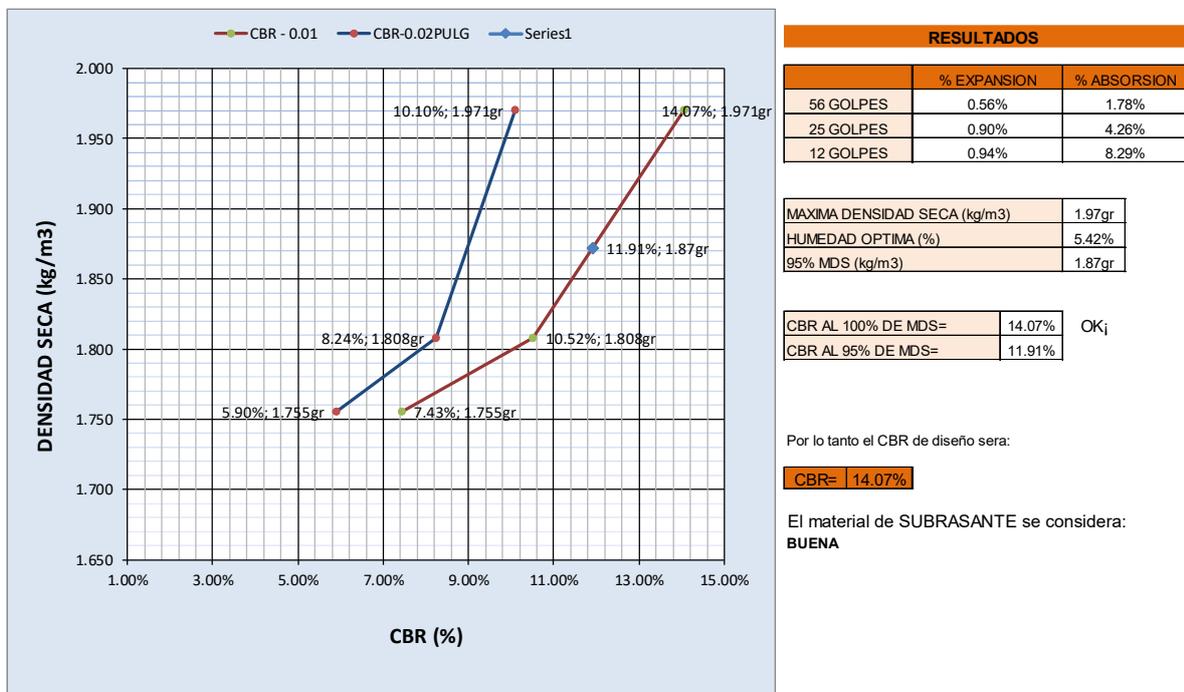


Figura 124: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 145: CBR suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|   |   |
|---|---|
|  <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br/>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> |  |
|---|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 05/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| Clasificación SUCS= CL-ML<br>Clasificación ASTHO= A-4 (0)  |         | <b>DATOS DEL MOLDE (cm)</b>  |        |         |   |          |      |      |       |        |       |        |        |  |
|--|---------|--|--------|---------|---|----------|------|------|-------|--------|-------|--------|--------|--|
| <b>COORDENADAS UTM</b>   |         | Altura 12.00cm<br>Diametro 15.00cm<br>Volumen 2120.58cm <sup>3</sup><br>Peso 7384.00gr |        |         |   |          |      |      |       |        |       |        |        |  |
| <table border="1"> <tr><th>X</th><th>Y</th></tr> <tr><td>182971</td><td>8503378</td></tr> </table> | X       | Y  | 182971 | 8503378 | <table border="1"> <tr><th>CALICATA</th><th>C-02</th></tr> <tr><th>SUCS</th><td>CL-ML</td></tr> <tr><th>ACEITE</th><td>8.00%</td></tr> <tr><th>SABILA</th><td>50.00%</td></tr> </table> | CALICATA | C-02 | SUCS | CL-ML | ACEITE | 8.00% | SABILA | 50.00% |  |
| X  | Y       |  |        |         |   |          |      |      |       |        |       |        |        |  |
| 182971   | 8503378 |  |        |         |   |          |      |      |       |        |       |        |        |  |
| CALICATA   | C-02    |  |        |         |   |          |      |      |       |        |       |        |        |  |
| SUCS   | CL-ML   |  |        |         |   |          |      |      |       |        |       |        |        |  |
| ACEITE   | 8.00%   |  |        |         |   |          |      |      |       |        |       |        |        |  |
| SABILA   | 50.00%  |  |        |         |   |          |      |      |       |        |       |        |        |  |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11880.0gr              |         | 11532.0gr              |         | 11404.0gr              |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4496.0gr               |         | 4148.0gr               |         | 4020.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.12gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.90gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.04gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.88gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.82gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr                | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 92.27gr                | 89.90gr | 89.22gr                | 93.85gr | 94.12gr                | 89.64gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 89.39gr                | 87.08gr | 86.60gr                | 90.93gr | 91.22gr                | 87.15gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.88gr                 | 2.82gr  | 2.62gr                 | 2.92gr  | 2.90gr                 | 2.49gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 72.15gr                | 69.77gr | 64.46gr                | 68.97gr | 69.06gr                | 65.07gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 3.99%                  | 4.05%   | 4.07%                  | 4.23%   | 4.20%                  | 3.83%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.02%                  |         | 4.15%                  |         | 4.01%                  |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12250.7gr | 12144.3gr | 12265.0gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 270.7gr   | 594.3gr   | 1055.0gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.26%     | 5.15%     | 9.41%     |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

|                       |                 |                 |                     |       |                 |                     |       |                 |                     |       |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-------|-----------------|---------------------|-------|-----------------|---------------------|-------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |                 |                     | 25    |                 |                     | 12    |                 |                     |       |
| MOLDE N°              | 1               |                 |                     | 2     |                 |                     | 3     |                 |                     |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %     | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %     | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm | %     |
| 07/09/2023            | 0               | 0.0             | 0                   | 0.00% | 0.0             | 0                   | 0.00% | 0.0             | 0                   | 0.00% |
| 08/09/2023            | 24              | 8.2             | 0.20828             | 0.17% | 12.0            | 0.3048              | 0.25% | 12.8            | 0.32512             | 0.27% |
| 09/09/2023            | 48              | 15.3            | 0.38862             | 0.32% | 18.0            | 0.4572              | 0.38% | 28.7            | 0.72898             | 0.61% |
| 10/09/2023            | 72              | 23.3            | 0.59182             | 0.49% | 29.1            | 0.73914             | 0.62% | 30.6            | 0.77724             | 0.65% |
| 11/09/2023            | 96              | 27.0            | 0.6858              | 0.57% | 44.1            | 1.12014             | 0.93% | 46.1            | 1.17094             | 0.98% |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

|   |  |                 |         |        |                 |         |        |                 |         |       |
|---|--|-----------------|---------|--------|-----------------|---------|--------|-----------------|---------|-------|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |         |        | 25 GOLPES       |         |        | 12 GOLPES       |         |       |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |         |        | MOLDE N°        |         |        | MOLDE N°        |         |       |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | %      | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | %      | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT | %     |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0       | 0      | 0.0 Kg          | 0       | 0      | 0.0 Kg          | 0       | 0     |
| 0.025                                   |  | 80.4 Kg         | 59      |        | 63.4 Kg         | 47      |        | 51.5 Kg         | 38      |       |
| 0.050                                   |  | 135.8 Kg        | 100     |        | 113.4 Kg        | 83      |        | 87.9 Kg         | 65      |       |
| 0.075                                   |  | 168.9 Kg        | 124     |        | 138.5 Kg        | 102     |        | 108.1 Kg        | 79      |       |
| 0.100                                   | 1000                                   | 182.9 Kg        | 134     | 13.44% | 155.5 Kg        | 114     | 11.43% | 121.1 Kg        | 89      | 8.90% |
| 0.200                                   | 1500                                   | 214.5 Kg        | 158     | 10.51% | 161.3 Kg        | 119     | 7.90%  | 130.9 Kg        | 96      | 6.41% |
| 0.300                                   | 1900                                   | 233.7 Kg        | 172     | 9.04%  | 174.1 Kg        | 128     | 6.73%  | 139.9 Kg        | 103     | 5.41% |
| 0.400                                   | 2300                                   | 241.5 Kg        | 177     | 7.72%  | 195.9 Kg        | 144     | 6.26%  | 154.8 Kg        | 114     | 4.95% |
| 0.500                                   | 2600                                   | 259.8 Kg        | 191     | 7.34%  | 212.0 Kg        | 156     | 5.99%  | 167.7 Kg        | 123     | 4.74% |

Fuente: Elaboración propia



Figura 125: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

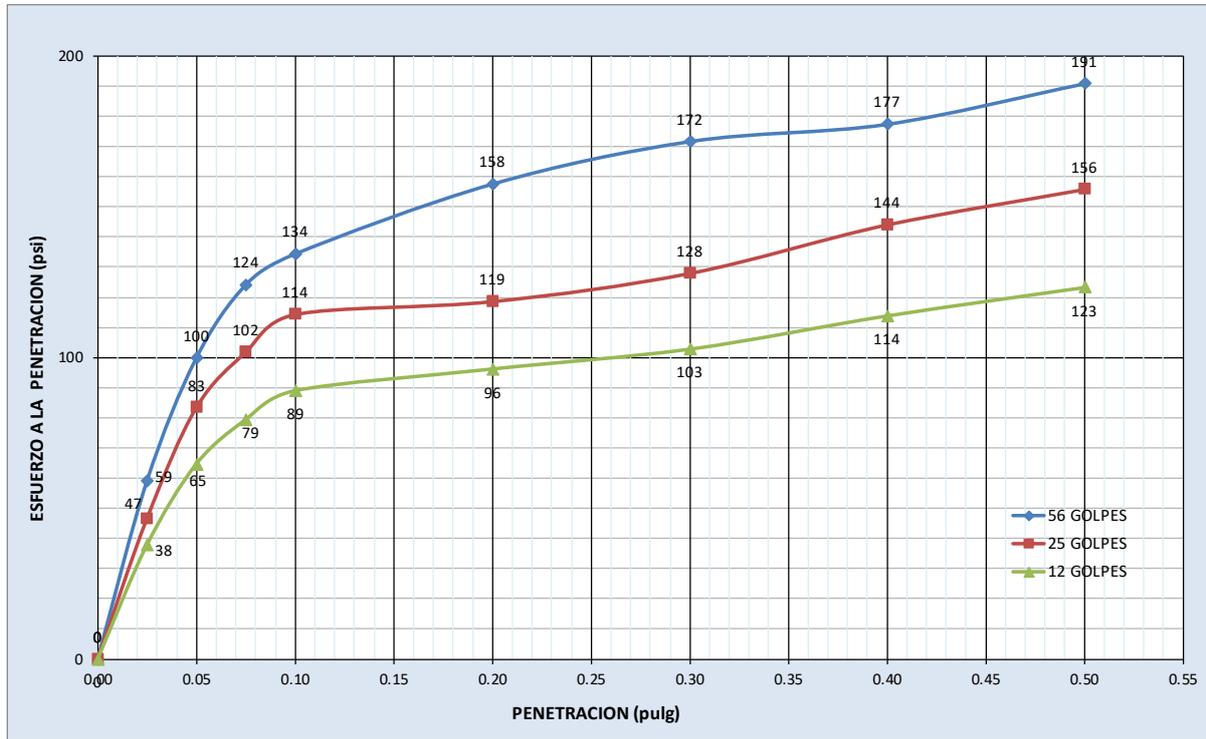
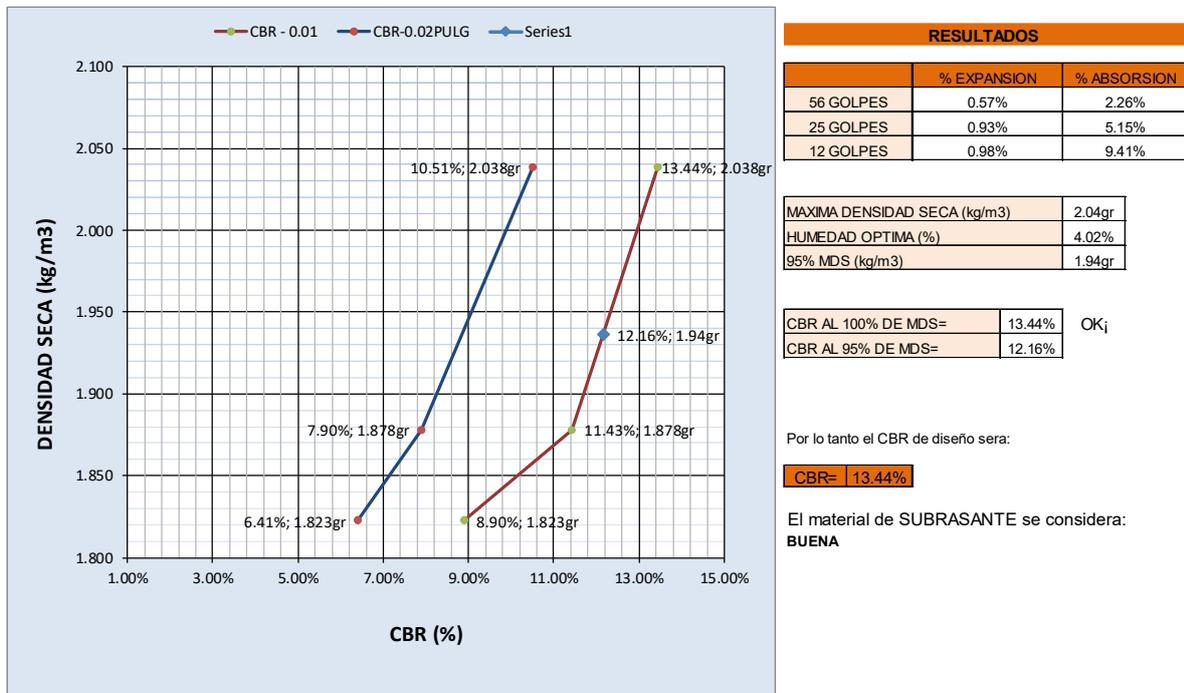


Figura 126: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3



Fuente: Elaboración propia



Tabla 146: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|             |  |
|-------------|--|
| Ensayo:     | Ensayo de CBR  |
| Referencia: | MTC E 132 CBR en suelos  |
| Fecha:      | 10/07/23   |
| Tesistas:   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|          |        |
|----------|--------|
| CALICATA | C-02   |
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 75.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diámetro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11917.0gr              | 11540.0gr              | 11444.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4533.0gr               | 4156.0gr               | 4060.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.14gr/cm <sup>3</sup> | 1.96gr/cm <sup>3</sup> | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.05gr/cm <sup>3</sup> | 1.88gr/cm <sup>3</sup> | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 91.04gr                | 95.13gr                | 92.79gr                | 94.73gr | 94.28gr | 94.91gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 88.14gr                | 91.80gr                | 89.84gr                | 91.62gr | 91.20gr | 91.90gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.90gr                 | 3.33gr                 | 2.95gr                 | 3.11gr  | 3.08gr  | 3.01gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 70.90gr                | 74.49gr                | 67.70gr                | 69.66gr | 69.04gr | 69.82gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.09%                  | 4.47%                  | 4.36%                  | 4.47%   | 4.46%   | 4.31%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.28%                  |                        | 4.41%                  |         | 4.38%   |         |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12259.0gr | 12179.3gr | 12302.3gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 279.0gr   | 629.3gr   | 1092.3gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.33%     | 5.45%     | 9.74%     |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25         | 12            |            |               |            |               |
|-----------------------|-----------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
| MOLDE N°              | 1               | 2          | 3             |            |               |            |               |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | MOLDE N° 1 |               | MOLDE N° 2 |               | MOLDE N° 3 |               |
|                       |                 | DIAL       | ESPONJAMIENTO | DIAL       | ESPONJAMIENTO | DIAL       | ESPONJAMIENTO |
|                       |                 | 0.001pg    | mm            | 0.001pg    | mm            | 0.001pg    | mm            |
| 07/09/2023            | 0               | 0.0        | 0             | 0.0        | 0             | 0.0        | 0             |
| 08/09/2023            | 24              | 7.6        | 0.19304       | 11.2       | 0.28448       | 12.9       | 0.32766       |
| 09/09/2023            | 48              | 14.3       | 0.36322       | 18.5       | 0.4699        | 29.1       | 0.73914       |
| 10/09/2023            | 72              | 23.3       | 0.59182       | 28.1       | 0.71374       | 29.9       | 0.75946       |
| 11/09/2023            | 96              | 26.4       | 0.67056       | 42.7       | 1.08458       | 42.6       | 1.08204       |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

|   |  |                 |     |                 |     |                 |     |                 |     |                 |     |                 |     |
|---|--|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |     |                 |     | 25 GOLPES       |     |                 |     | 12 GOLPES       |     |                 |     |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |     | MOLDE N°        |     | MOLDE N°        |     | MOLDE N°        |     | MOLDE N°        |     | MOLDE N°        |     |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO |     |
|   |  | DIAL            | psi |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0   | 0               |     |
| 0.025                                   |  | 69.5 Kg         | 51  | 56.6 Kg         | 42  | 42.3 Kg         | 31  |                 |     |                 |     |                 |     |
| 0.050                                   |  | 121.2 Kg        | 89  | 97.8 Kg         | 72  | 75.4 Kg         | 55  |                 |     |                 |     |                 |     |
| 0.075                                   |  | 164.8 Kg        | 121 | 131.3 Kg        | 96  | 103.6 Kg        | 76  |                 |     |                 |     |                 |     |
| 0.100                                   | 1000                                   | 192.4 Kg        | 141 | 144.8 Kg        | 106 | 112.1 Kg        | 82  | 10.64%          |     |                 |     |                 |     |
| 0.200                                   | 1500                                   | 210.7 Kg        | 155 | 167.4 Kg        | 123 | 135.6 Kg        | 100 | 8.20%           |     |                 |     |                 |     |
| 0.300                                   | 1900                                   | 229.0 Kg        | 168 | 195.5 Kg        | 144 | 146.0 Kg        | 107 | 7.56%           |     |                 |     |                 |     |
| 0.400                                   | 2300                                   | 240.0 Kg        | 176 | 221.5 Kg        | 163 | 153.2 Kg        | 113 | 7.08%           |     |                 |     |                 |     |
| 0.500                                   | 2600                                   | 253.0 Kg        | 186 | 231.9 Kg        | 170 | 175.0 Kg        | 129 | 6.55%           |     |                 |     |                 |     |

Fuente: Elaboración propia



Figura 127: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

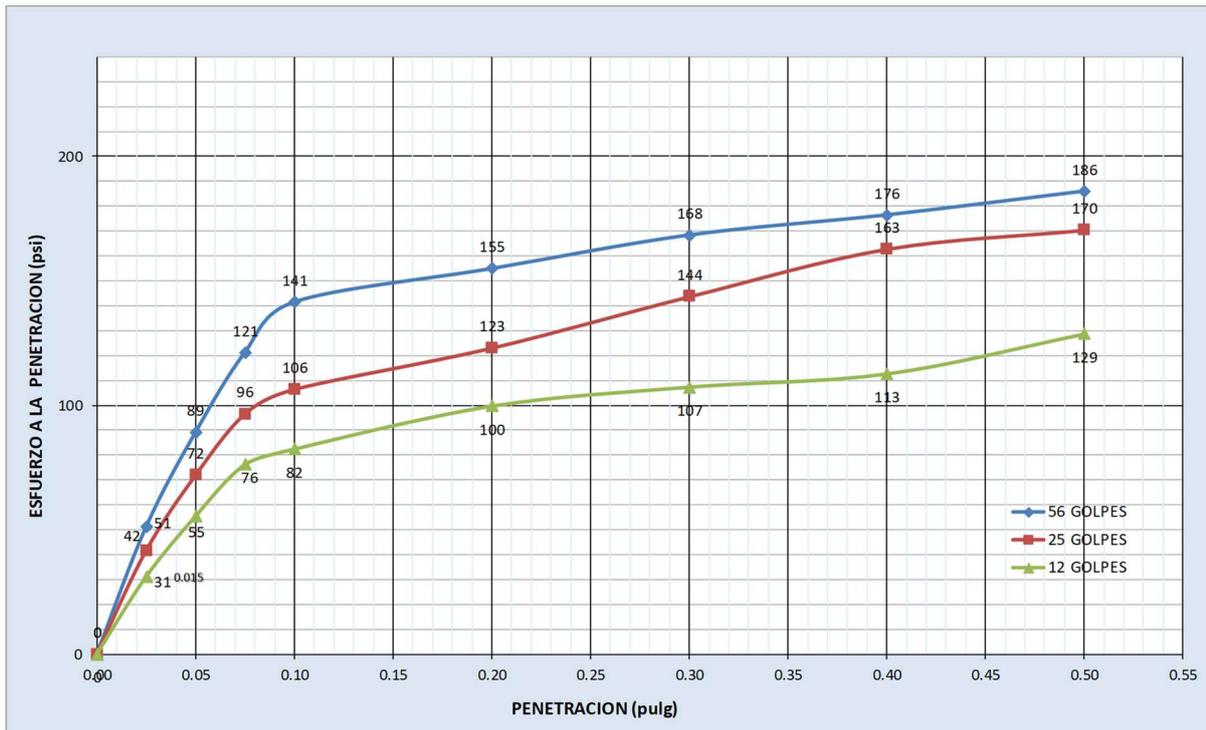
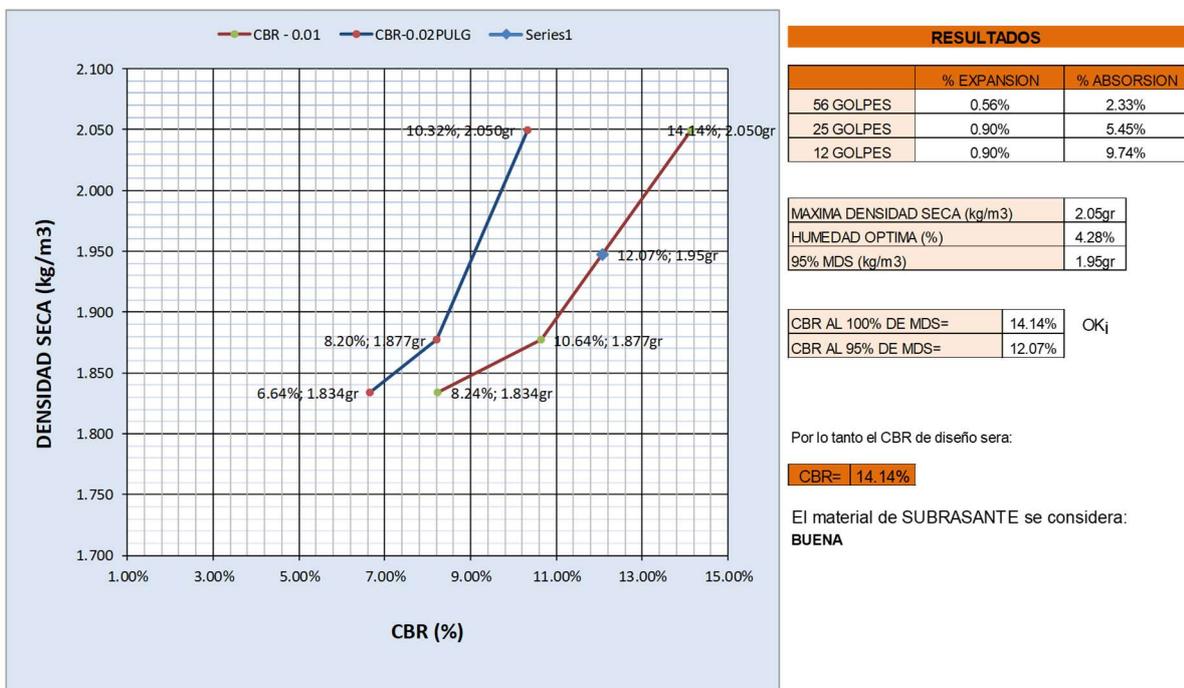


Figura 128: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1



Fuente: Elaboración propia



Tabla 147: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|   |   |
|---|---|
|  <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br/>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> |  |
|---|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|             |   |
|-------------|---|
| Ensayo:     | Ensayo de CBR   |
| Referencia: | MTC E 132 CBR en suelos   |
| Fecha:      | 17/07/23  |
| Tesistas:   | -Brigitte Yamieth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHQ= A-4 (0)

|          |        |
|----------|--------|
| CALICATA | C-02   |
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 75.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diámetro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11836.0gr              | 11455.0gr              | 11357.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4452.0gr               | 4071.0gr               | 3973.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.10gr/cm <sup>3</sup> | 1.92gr/cm <sup>3</sup> | 1.87gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.01gr/cm <sup>3</sup> | 1.84gr/cm <sup>3</sup> | 1.80gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                | 21.98gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 91.79gr                | 91.40gr                | 90.92gr                | 92.32gr | 88.09gr | 90.68gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 88.69gr                | 88.32gr                | 87.96gr                | 89.25gr | 85.38gr | 87.97gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.10gr                 | 3.08gr                 | 2.96gr                 | 3.07gr  | 2.71gr  | 2.71gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 71.45gr                | 71.01gr                | 65.82gr                | 67.29gr | 63.22gr | 65.89gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.34%                  | 4.34%                  | 4.49%                  | 4.57%   | 4.29%   | 4.12%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.34%                  |                        | 4.53%                  |         | 4.20%   |         |

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12218.3gr | 12067.8gr | 12216.7gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 238.3gr   | 517.8gr   | 1006.7gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 1.99%     | 4.48%     | 8.98%     |

DATOS DE ESPONJAMIENTO

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25      | 12            |       |         |               |       |         |               |       |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|
| MOLDE N°              | 1               | 2       | 3             |       |         |               |       |         |               |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | 1       |               |       | 2       |               |       | 3       |               |       |
|                       |                 | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     |
| 07/09/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% |
| 08/09/2023            | 24              | 8.3     | 0.21082       | 0.18% | 11.8    | 0.29972       | 0.25% | 12.5    | 0.3175        | 0.26% |
| 09/09/2023            | 48              | 14.5    | 0.3683        | 0.31% | 19.3    | 0.49022       | 0.41% | 29.4    | 0.74676       | 0.62% |
| 10/09/2023            | 72              | 23.6    | 0.59944       | 0.50% | 29.1    | 0.73914       | 0.62% | 30.7    | 0.77978       | 0.65% |
| 11/09/2023            | 96              | 26.7    | 0.67818       | 0.57% | 45.4    | 1.15316       | 0.96% | 47.9    | 1.21666       | 1.01% |

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |     |          | 25 GOLPES       |     |          | 12 GOLPES       |     |          |
|---|--|-----------------|-----|----------|-----------------|-----|----------|-----------------|-----|----------|
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |     |          | MOLDE N°        |     |          | MOLDE N°        |     |          |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO |     |          | CARGA DE ENSAYO |     |          | CARGA DE ENSAYO |     |          |
|   |  | DIAL            | psi | CBR/PATF | DIAL            | psi | CBR/PATF | DIAL            | psi | CBR/PATF |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0   | 0        | 0.0 Kg          | 0   | 0        | 0.0 Kg          | 0   | 0        |
| 0.025                                   |  | 92.2 Kg         | 68  |          | 75.7 Kg         | 56  |          | 58.2 Kg         | 43  |          |
| 0.050                                   |  | 156.0 Kg        | 115 |          | 123.9 Kg        | 91  |          | 95.3 Kg         | 70  |          |
| 0.075                                   |  | 179.1 Kg        | 132 |          | 142.8 Kg        | 105 |          | 114.2 Kg        | 84  |          |
| 0.100                                   | 1000                                   | 194.1 Kg        | 143 | 14.26%   | 150.4 Kg        | 111 | 11.05%   | 123.2 Kg        | 91  | 9.05%    |
| 0.200                                   | 1500                                   | 218.5 Kg        | 161 | 10.70%   | 168.5 Kg        | 124 | 8.26%    | 141.9 Kg        | 104 | 6.95%    |
| 0.300                                   | 1900                                   | 238.3 Kg        | 175 | 9.22%    | 184.9 Kg        | 136 | 7.15%    | 157.0 Kg        | 115 | 6.07%    |
| 0.400                                   | 2300                                   | 259.1 Kg        | 190 | 8.28%    | 197.4 Kg        | 145 | 6.31%    | 168.6 Kg        | 124 | 5.39%    |
| 0.500                                   | 2600                                   | 269.7 Kg        | 198 | 7.62%    | 209.0 Kg        | 154 | 5.91%    | 174.1 Kg        | 128 | 4.92%    |

Fuente: Elaboración propia



Figura 129: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

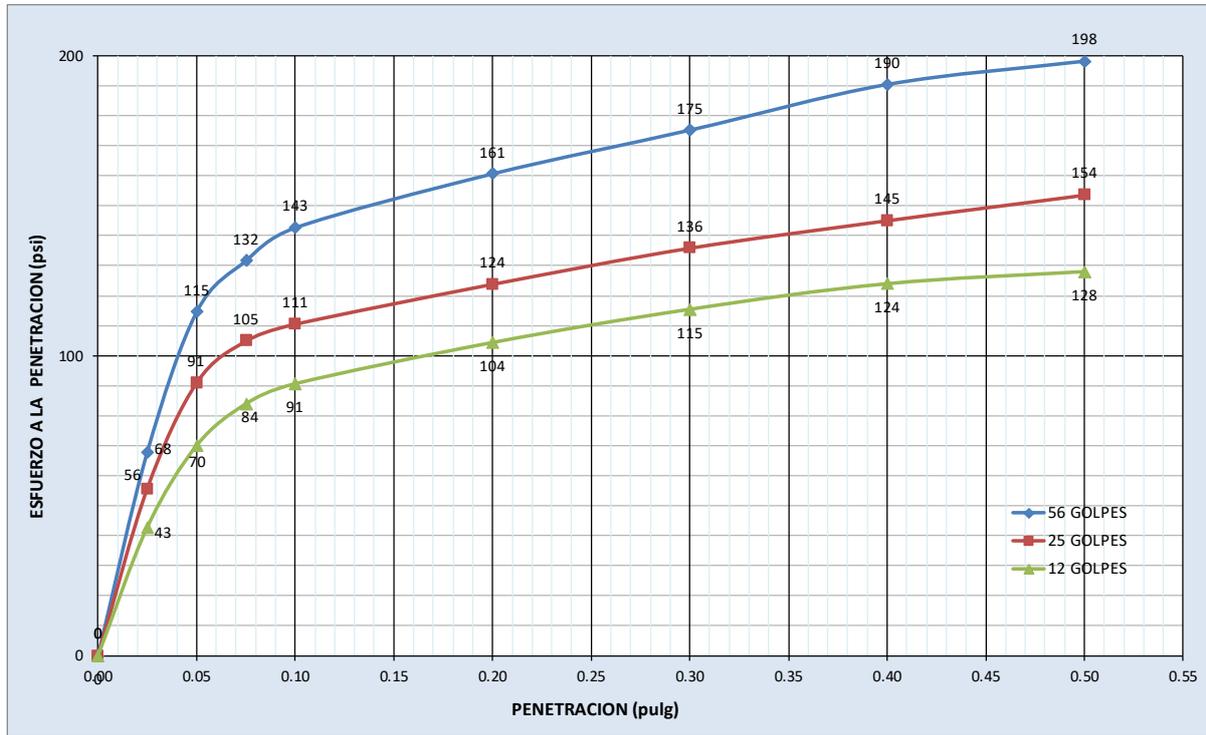
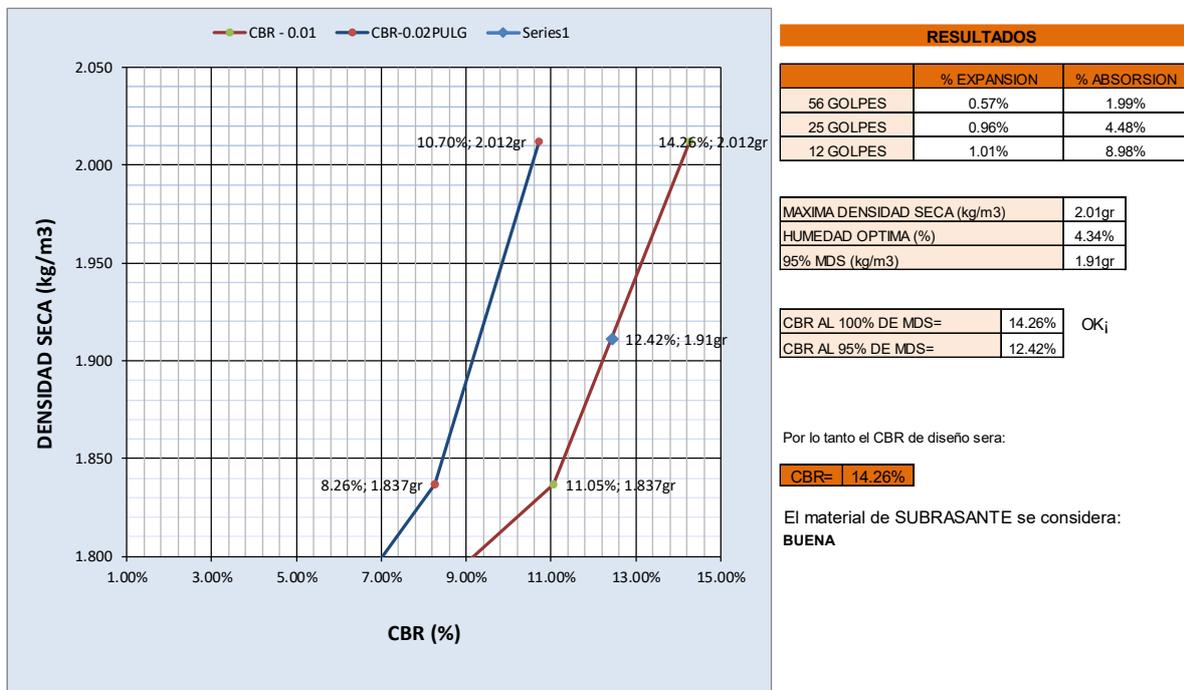


Figura 130: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



Fuente: Elaboración propia



Tabla 148: CBR suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|   |
|---|
|  <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br/>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>  |
|---|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCILAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Ensayo de CBR  |
| <b>Referencia:</b> | MTC E 132 CBR en suelos  |
| <b>Fecha:</b>      | 22/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigitte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 75.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

|                       |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|
| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |                        |                        |                        |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11899.0gr              | 11576.0gr              | 11451.0gr              |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4515.0gr               | 4192.0gr               | 4067.0gr               |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.13gr/cm <sup>3</sup> | 1.98gr/cm <sup>3</sup> | 1.92gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD SECA                         | 2.05gr/cm <sup>3</sup> | 1.91gr/cm <sup>3</sup> | 1.85gr/cm <sup>3</sup> |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |                        |                        |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 |
| RECIPiente N°                         | 1                      | 2                      | 3                      |
| PESO RECIPiente                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPiente  | 94.11gr                | 89.26gr                | 93.75gr                |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPiente | 91.31gr                | 86.73gr                | 91.04gr                |
| PESO DE AGUA                          | 2.80gr                 | 2.53gr                 | 2.71gr                 |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 74.07gr                | 69.42gr                | 68.90gr                |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 3.78%                  | 3.64%                  | 3.94%                  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 3.71%                  | 3.73%                  | 3.79%                  |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12264.3gr | 12210.4gr | 12288.1gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 284.3gr   | 660.4gr   | 1078.1gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.37%     | 5.72%     | 9.62%     |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

|                       |                 |         |               |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25      | 12            |
| MOLDE N°              | 1               | 2       | 3             |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO |
|                       |                 | 0.001pg | mm %          |
| 07/09/2023            | 0               | 0.0     | 0 0.00%       |
| 08/09/2023            | 24              | 8.5     | 0.2159 0.18%  |
| 09/09/2023            | 48              | 15.6    | 0.39624 0.33% |
| 10/09/2023            | 72              | 24.0    | 0.6096 0.51%  |
| 11/09/2023            | 96              | 27.6    | 0.70104 0.58% |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

|   |                                       |                 |           |
|---|---------------------------------------|-----------------|-----------|
| 1 kg=2.20462262000000 lb                | 56 GOLPES                             | 25 GOLPES       | 12 GOLPES |
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas | MOLDE N°                              |                 | MOLDE N°  |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGA TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO | CBR/PAT   |
| 0                                       | 0.0 Kg                                | 0               | 0         |
| 0.025                                   | 92.1 Kg                               | 68              | 75.4 Kg   |
| 0.050                                   | 145.8 Kg                              | 107             | 120.1 Kg  |
| 0.075                                   | 173.9 Kg                              | 128             | 140.2 Kg  |
| 0.100                                   | 191.0 Kg                              | 140             | 158.0 Kg  |
| 0.200                                   | 205.8 Kg                              | 151             | 175.8 Kg  |
| 0.300                                   | 218.1 Kg                              | 160             | 185.2 Kg  |
| 0.400                                   | 236.3 Kg                              | 174             | 195.4 Kg  |
| 0.500                                   | 247.7 Kg                              | 182             | 205.9 Kg  |

Fuente: Elaboración propia



Figura 131: Gráfica Esfuerzo vs Penetración suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

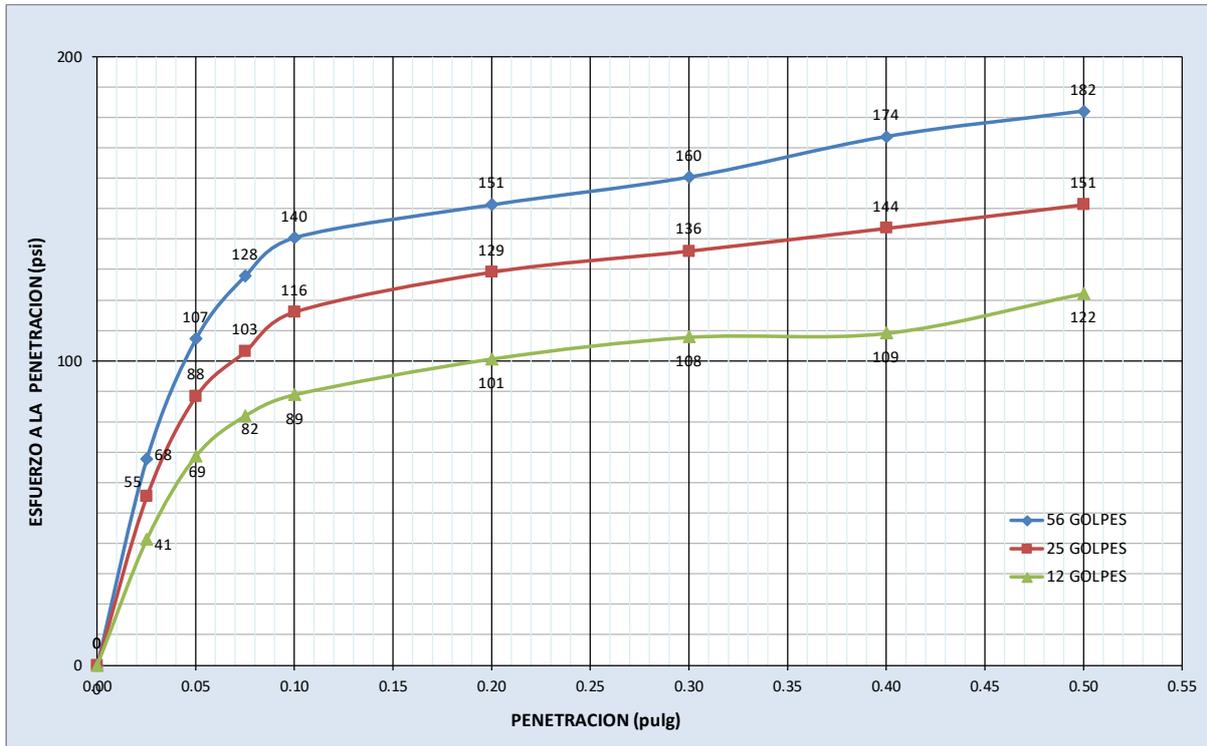
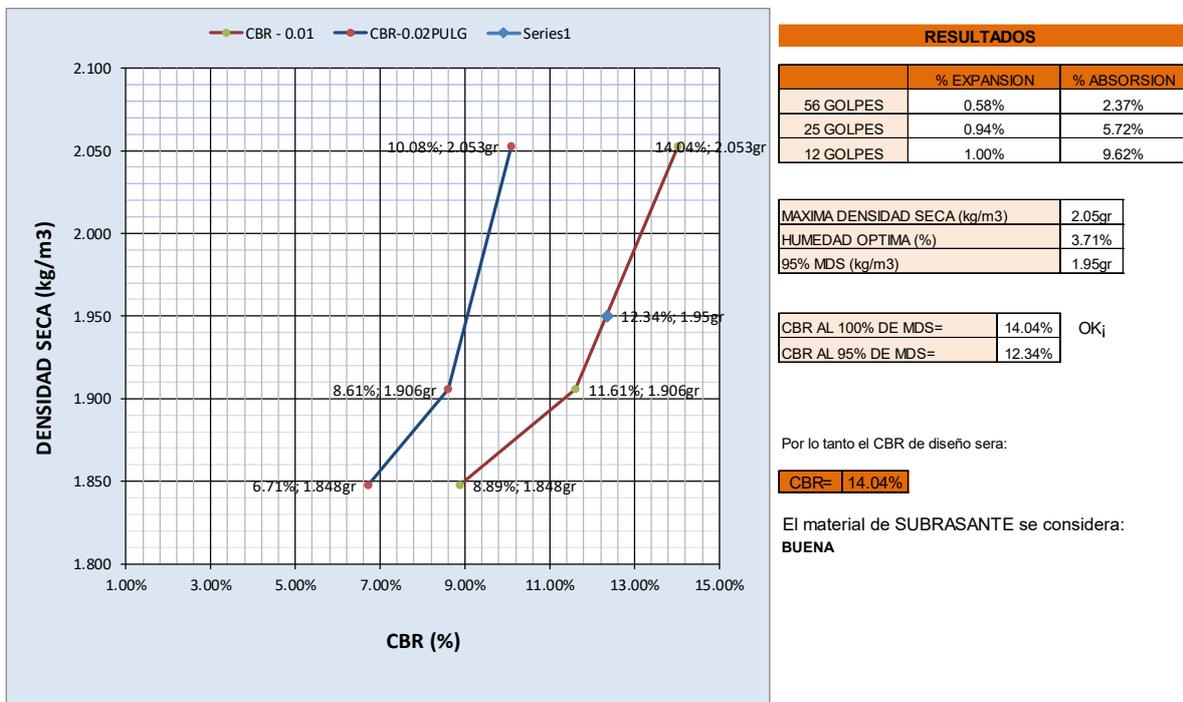


Figura 132: Gráfica Densidad seca vs CBR + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3



Fuente: Elaboración propia



c) Análisis del ensayo

Los ensayos de CBR nos dan como resultado los valores para el 95 y 100% de las densidades secas máximas obtenidas del ensayo de Proctor modificado, de tal manera que comparemos nuestros valores obtenidos con los establecidos en el Manual de Carreteras para saber si la muestra de suelo con adiciones de mucílago de sábila y aceite quemado de motor son aptas para su uso como subrasante.

De acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo, el suelo natural tiene un CBR de 9.07%, la dosificación 1 tiene un CBR de 12.25%, la dosificación 2 tiene un CBR de 13.60% y la dosificación 3 tiene un CBR de 14.15%.

**Tabla 149:** *Tabla resumen – valores de CBR*

| MUESTRAS  | CBR (%)       |
|---|---------------|
| Suelo natural - calicata 01                                       | 9.68%         |
| Suelo natural - calicata 02                                       | <b>9.07%</b>  |
| Suelo natural - calicata 03                                       | 9.47%         |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 12.86%        |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 11.35%        |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 12.54%        |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - Promedio</b>        | <b>12.25%</b> |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 13.29%        |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 14.07%        |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 13.44%        |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - Promedio</b>        | <b>13.60%</b> |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 14.14%        |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 14.26%        |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 14.04%        |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - Promedio</b>        | <b>14.15%</b> |

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.9. Ensayo de Permeabilidad de los suelos

a) Procesamiento o cálculos de la prueba

- Volumen de agua permeante - se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta h = h_1 - h_2$$



Donde:

$\Delta h$ : Pérdida de carga hidráulica (ml)

$h_1$ : Columna de agua inicial (ml)

$h_2$ : Columna de agua final (ml)

- Gradiente hidráulico - se calcula de la siguiente manera:

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Donde:

$i$ : Gradiente hidráulico (ml/cm)

$\Delta h$ : Pérdida de carga hidráulica (ml)

$L$ : Altura inicial del espécimen (cm)

- Coeficiente de Permeabilidad - se calcula de la siguiente manera:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t}$$

Donde:

$k$ : Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)

$\Delta V$ : Salida de agua en peso o volumen (ml)

$L$ : Altura inicial del espécimen (cm)

$A$ : Área seccional del espécimen (cm<sup>2</sup>)

$\Delta h$ : Pérdida de carga hidráulica (ml)

$\Delta t$ : Intervalo de tiempo (seg)

- Velocidad - se calcula de la siguiente manera:



$$v = k * i$$

Donde:

v: Velocidad (m/s)

k: Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)

i: Gradiente hidráulico (ml/cm)

- Corrección por temperatura- se calcula de la siguiente manera:

$$R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

Donde:

Rt: Corrección por temperatura

T: Temperatura del agua (°C)

- Coeficiente de Permeabilidad Corregido - se calcula de la siguiente manera:

$$k_{\text{corregido}} = k * Rt$$

Donde:

k: Coeficiente de permeabilidad corregido (cm/seg)

k: Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)

Rt: Corrección por temperatura

b) Diagramas y tablas



Tabla 150: Permeabilidad - calicata 01

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 30/05/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-01  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |    |
|---------------|----|
| <b>ACEITE</b> | 0% |
| <b>SABILA</b> | 0% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                               |                                   |   |                        |
|-------------------------------|-----------------------------------|---|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b>      | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b> | 1.05                                    |                        |
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm                          | <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C                             | <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            |            | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) | Δh (h2-h1) |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 6.0 ml                                 | 100.0 ml        | 71.0 ml    | 29.0 ml    | 1.93333                  | 0.0000004 | 0.0000004         | 0.0000008 |
| 2  | 24         | 9.6 ml                                 | 100.0 ml        | 64.0 ml    | 36.0 ml    | 2.40000                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000006 |
| 3  | 48         | 18.0 ml                                | 100.0 ml        | 42.0 ml    | 58.0 ml    | 3.86667                  | 0.0000001 | 0.0000002         | 0.0000006 |
| 4  | 72         | 26.4 ml                                | 100.0 ml        | 22.0 ml    | 78.0 ml    | 5.20000                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |
| 5  | 96         | 42.0 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000007 |

Figura 133: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo - calicata 01



| Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994). |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Grado de permeabilidad                                       | Conductividad hidráulica cm/s       |
| Elevada  | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media  | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja   | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja   | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Prácticamente impermeable                                    | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO 1.1E-07 cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD: MUY BAJA**

Fuente: Elaboración propia



Tabla 151: Permeabilidad - calicata 02

|   |                              |  |
|---|------------------------------|--|
|   | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA   |                              |  |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |  |

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia:</b> |  |
| <b>Fecha:</b>      | 03/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |    |
|---------------|----|
| <b>ACEITE</b> | 0% |
| <b>SABILA</b> | 0% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

| DATOS DE ENTRADA:      |          | CORRECCION POR TEMPERATURA       |                        |
|------------------------|----------|----------------------------------|------------------------|
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN | 15.24 cm | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L) | 15.00 cm               |
| TEMPERATURA DEL AGUA   | 18 °C    | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A) | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            |            | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) | Δh (h2-h1) |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 7.3 ml                                 | 100.0 ml        | 74.6 ml    | 25.5 ml    | 1.69667                  | 0.0000005 | 0.0000006         | 0.0000009 |
| 2  | 24         | 11.6 ml                                | 100.0 ml        | 67.2 ml    | 32.8 ml    | 2.18667                  | 0.0000003 | 0.0000004         | 0.0000007 |
| 3  | 48         | 21.8 ml                                | 100.0 ml        | 44.1 ml    | 55.9 ml    | 3.72667                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000007 |
| 4  | 72         | 32.0 ml                                | 100.0 ml        | 23.1 ml    | 76.9 ml    | 5.12667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000007 |
| 5  | 96         | 50.9 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000008 |

Figura 134: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo - calicata 02



| Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994). |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Grado de permeabilidad                                       | Conductividad hidráulica cm/s       |
| Elevada  | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media  | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja   | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja   | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable                                    | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO 1.3E-07 cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD: MUY BAJA**

Fuente: Elaboración propia



Tabla 152: Permeabilidad - calicata 03

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>     | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia:</b> |  |
| <b>Fecha:</b>      | 08/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                        |                      |                  |
|------------------------|----------------------|------------------|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | <b>CALICATA</b> C-03 | <b>ACEITE</b> 0% |
| <b>X</b> 182898        | <b>SUCS</b> 0        | <b>SABILA</b> 0% |
| <b>Y</b> 8503402       |                      |                  |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                               |          |   |                        |
|-------------------------------|----------|---|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b>      |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b> 1.05  |                        |
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm | <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    | <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 7.7 ml                                 | 100.0 ml        | 73.1 ml    | 26.9 ml    | 1.79607                  | 0.0000005 | 0.0000006         | 0.0000010 |
| 2  | 24         | 12.3 ml                                | 100.0 ml        | 65.9 ml    | 34.1 ml    | 2.27627                  | 0.0000003 | 0.0000004         | 0.0000008 |
| 3  | 48         | 23.0 ml                                | 100.0 ml        | 43.2 ml    | 56.8 ml    | 3.78547                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000007 |
| 4  | 72         | 33.8 ml                                | 100.0 ml        | 22.6 ml    | 77.4 ml    | 5.15747                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000007 |
| 5  | 96         | 53.8 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000009 |

Figura 135: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo - calicata 03



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-3</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | men or de 10 <sup>-7</sup>          |

VALOR OBTENIDO 1.3E-07 cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:**  
MUY BAJA

Fuente: Elaboración propia



Tabla 153: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Permeabilidad de Suelos  |  |
| <b>Referencia</b>  |  |  |
| <b>Fecha</b>   | 13/06/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

|                        |                 |               |
|------------------------|-----------------|---------------|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | <b>CALICATA</b> | <b>ACEITE</b> |
| <b>X</b>               | <b>SUCS</b>     | <b>SABILA</b> |
| 182971                 | C-02<br>CL-ML   | 8%<br>25%     |
| <b>Y</b>               |                 |               |
| 8503378                |                 |               |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                               |          |   |                        |
|-------------------------------|----------|---|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b>      |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm | <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    | <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| COLUMNA DE AGUA |            |  |              |            |            |                          |           |                   |           |
|-----------------|------------|--|--------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
| N°              | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | INICIAL (h1) | FINAL (h2) | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
| 1               | 12         | 5.8 ml                                 | 100.0 ml     | 71.0 ml    | 29.0 ml    | 1.93333                  | 0.0000004 | 0.0000004         | 0.0000007 |
| 2               | 24         | 9.3 ml                                 | 100.0 ml     | 64.0 ml    | 36.0 ml    | 2.40000                  | 0.0000002 | 0.0000003         | 0.0000006 |
| 3               | 48         | 17.5 ml                                | 100.0 ml     | 42.0 ml    | 58.0 ml    | 3.86667                  | 0.0000001 | 0.0000002         | 0.0000006 |
| 4               | 72         | 25.6 ml                                | 100.0 ml     | 22.0 ml    | 78.0 ml    | 5.20000                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 5               | 96         | 40.7 ml                                | 100.0 ml     | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |

Figura 136: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1



| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO 1.0E-07 cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:  
MUY BAJA**

Fuente: Elaboración propia



Tabla 154: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Ensayo:</b>     | Permeabilidad de Suelos   |
| <b>Referencia:</b> |   |
| <b>Fecha:</b>      | 17/06/23  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigyte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                        |        |                 |       |               |     |
|------------------------|--------|-----------------|-------|---------------|-----|
| <b>COORDENADAS UTM</b> |        | <b>CALICATA</b> | C-02  | <b>ACEITE</b> | 8%  |
| X                      | Y      | <b>SUCS</b>     | CL-ML | <b>SABILA</b> | 25% |
| 182971                 | #!REF! |                 |       |               |     |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |          |                                   |                        |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b> |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | 15.24 cm | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)  | 15.00 cm               |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | 18 °C    | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)  | 182.41 cm <sup>2</sup> |

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 7.0 ml                                 | 100.0 ml        | 74.6 ml    | 25.5 ml    | 1.69667                  | 0.0000005 | 0.0000005         | 0.0000009 |
| 2  | 24         | 11.2 ml                                | 100.0 ml        | 67.2 ml    | 32.8 ml    | 2.18667                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000007 |
| 3  | 48         | 21.0 ml                                | 100.0 ml        | 44.1 ml    | 55.9 ml    | 3.72667                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000007 |
| 4  | 72         | 30.7 ml                                | 100.0 ml        | 23.1 ml    | 76.9 ml    | 5.12667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |
| 5  | 96         | 48.9 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000008 |

Figura 137: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Prácticamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO 1.2E-07 cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:**  
MUY BAJA

Fuente: Elaboración propia



Tabla 155: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 22/06/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                        |         |                 |       |               |     |
|------------------------|---------|-----------------|-------|---------------|-----|
| <b>COORDENADAS UTM</b> |         | <b>CALICATA</b> | C-02  | <b>ACEITE</b> | 8%  |
| X                      | Y       | <b>SUCS</b>     | CL-ML | <b>SABILA</b> | 25% |
| 182898                 | 8503402 |                 |       |               |     |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |          |                                   |                        |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b> |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | 15.24 cm | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)  | 15.00 cm               |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | 18 °C    | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)  | 182.41 cm <sup>2</sup> |

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| COLUMNA DE AGUA |            |  |              |            |            |                          |           |                   |           |
|-----------------|------------|--|--------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
| N°              | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | INICIAL (h1) | FINAL (h2) | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
| 1               | 12         | 6.6 ml                                 | 100.0 ml     | 73.1 ml    | 26.9 ml    | 1.79607                  | 0.0000005 | 0.0000005         | 0.0000008 |
| 2               | 24         | 10.6 ml                                | 100.0 ml     | 65.9 ml    | 34.1 ml    | 2.27627                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000007 |
| 3               | 48         | 19.9 ml                                | 100.0 ml     | 43.2 ml    | 56.8 ml    | 3.78547                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000006 |
| 4               | 72         | 29.2 ml                                | 100.0 ml     | 22.6 ml    | 77.4 ml    | 5.15747                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |
| 5               | 96         | 46.4 ml                                | 100.0 ml     | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000007 |

Figura 138: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3



Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO 1.2E-07 cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:**  
MUY BAJA

Fuente: Elaboración propia



Tabla 156: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|             |  |
|-------------|--|
| Ensayo:     | Permeabilidad de Suelos  |
| Referencia: |  |
| Fecha:      | 27/06/23   |
| Tesistas:   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|          |       |
|----------|-------|
| CALICATA | C-02  |
| SUCS     | CL-ML |

|        |     |
|--------|-----|
| ACEITE | 8%  |
| SABILA | 50% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                        |          |                                  |                        |
|------------------------|----------|----------------------------------|------------------------|
| DATOS DE ENTRADA:      |          | CORRECCION POR TEMPERATURA       |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN | 15.24 cm | ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L) | 15.00 cm               |
| TEMPERATURA DEL AGUA   | 18 °C    | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A) | 182.41 cm <sup>2</sup> |

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            |            | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) | Δh (h2-h1) |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 5.4 ml                                 | 100.0 ml        | 67.5 ml    | 32.6 ml    | 2.17000                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000007 |
| 2  | 24         | 8.6 ml                                 | 100.0 ml        | 60.8 ml    | 39.2 ml    | 2.61333                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000005 |
| 3  | 48         | 16.2 ml                                | 100.0 ml        | 39.9 ml    | 60.1 ml    | 4.00667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 4  | 72         | 23.8 ml                                | 100.0 ml        | 20.9 ml    | 79.1 ml    | 5.27333                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 5  | 96         | 37.8 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |

Figura 139: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Prácticamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **9.5E-08** cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD: PRACTICAMENTE IMPERMEABLE**

Fuente: Elaboración propia



Tabla 157: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Permeabilidad de Suelos  |  |
| <b>Referencia</b>  |  |  |
| <b>Fecha</b>   | 01/07/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

|                        |                 |       |               |     |
|------------------------|-----------------|-------|---------------|-----|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | <b>CALICATA</b> | C-02  | <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>X</b>               | <b>SUCS</b>     | CL-ML | <b>SABILA</b> | 50% |
| 182971                 | #REF!           |       |               |     |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                               |          |   |                        |
|-------------------------------|----------|---|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b>      |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm | <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    | <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 6.3 ml                                 | 100.0 ml        | 73.8 ml    | 26.2 ml    | 1.74637                  | 0.0000005 | 0.0000005         | 0.0000008 |
| 2  | 24         | 10.0 ml                                | 100.0 ml        | 66.5 ml    | 33.5 ml    | 2.23147                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000006 |
| 3  | 48         | 18.8 ml                                | 100.0 ml        | 43.7 ml    | 56.3 ml    | 3.75607                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000006 |
| 4  | 72         | 20.6 ml                                | 100.0 ml        | 22.9 ml    | 77.1 ml    | 5.14207                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000004 |
| 5  | 96         | 33.9 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |

Figura 140: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Prácticamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO 8.5E-08 cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD: PRÁCTICAMENTE IMPERMEABLE**

Fuente: Elaboración propia



Tabla 158: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
| "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO" |  |  |
| <b>Ensayo:</b>   | Permeabilidad de Suelos  |  |
| <b>Referencia</b>  |  |  |
| <b>Fecha</b>   | 06/07/23   |  |
| <b>Tesistas:</b>   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez   |  |

|                        |                 |       |               |     |
|------------------------|-----------------|-------|---------------|-----|
| <b>COORDENADAS UTM</b> | <b>CALICATA</b> | C-02  | <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>X</b>               | <b>SUCS</b>     | CL-ML | <b>SABILA</b> | 50% |
| 182971                 | 8503378         |       |               |     |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                               |          |   |                        |
|-------------------------------|----------|---|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b>      |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm | <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    | <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| COLUMNA DE AGUA |            |  |              |            |            |                          |           |                   |           |
|-----------------|------------|--|--------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
| N°              | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | INICIAL (h1) | FINAL (h2) | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
| 1               | 12         | 5.6 ml                                 | 100.0 ml     | 69.4 ml    | 30.6 ml    | 2.03960                  | 0.0000004 | 0.0000004         | 0.0000007 |
| 2               | 24         | 9.0 ml                                 | 100.0 ml     | 62.6 ml    | 37.4 ml    | 2.49579                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000006 |
| 3               | 48         | 16.9 ml                                | 100.0 ml     | 41.1 ml    | 58.9 ml    | 3.92953                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 4               | 72         | 24.8 ml                                | 100.0 ml     | 21.5 ml    | 78.5 ml    | 5.23293                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 5               | 96         | 39.5 ml                                | 100.0 ml     | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |

Figura 141: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3



| Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994). |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Grado de permeabilidad                                       | Conductividad hidráulica cm/s       |
| Elevada  | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media  | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja   | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja   | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Prácticamente impermeable                                    | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO 9.9E-08 cm/s

FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:  
**PRÁCTICAMENTE IMPERMEABLE**

Fuente: Elaboración propia



Tabla 159: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|             |  |
|-------------|--|
| Ensayo:     | Permeabilidad de Suelos  |
| Referencia: |  |
| Fecha:      | 11/07/23   |
| Tesistas:   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|          |       |
|----------|-------|
| CALICATA | C-02  |
| SUCS     | CL-ML |

|        |     |
|--------|-----|
| ACEITE | 8%  |
| SABILA | 75% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

| DATOS DE ENTRADA:      |          |
|------------------------|----------|
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN | 15.24 cm |
| TEMPERATURA DEL AGUA   | 18 °C    |

|                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| CORRECCION POR TEMPERATURA       | 1.05                   |
| ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L) | 15.00 cm               |
| AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A) | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 4.8 ml                                 | 100.0 ml        | 63.9 ml    | 36.1 ml    | 2.40667                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000006 |
| 2  | 24         | 7.7 ml                                 | 100.0 ml        | 57.6 ml    | 42.4 ml    | 2.82667                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000005 |
| 3  | 48         | 14.4 ml                                | 100.0 ml        | 37.8 ml    | 62.2 ml    | 4.14667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 4  | 72         | 21.1 ml                                | 100.0 ml        | 19.8 ml    | 80.2 ml    | 5.34667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000004 |
| 5  | 96         | 33.6 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |

Figura 142: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 1



| Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994). |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Grado de permeabilidad                                       | Conductividad hidráulica cm/s       |
| Elevada  | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media  | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja   | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja   | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable                                    | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO 8.4E-08 cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:  
PRÁCTICAMENTE IMPERMEABLE**

Fuente: Elaboración propia



Tabla 160: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Ensayo:</b>    | Permeabilidad de Suelos  |
| <b>Referencia</b> |  |
| <b>Fecha</b>      | 18/07/23   |
| <b>Tesistas:</b>  | -Brigette Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                        |          |                 |       |               |     |
|------------------------|----------|-----------------|-------|---------------|-----|
| <b>COORDENADAS UTM</b> |          | <b>CALICATA</b> | C-02  | <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>X</b>               | <b>Y</b> | <b>SUCS</b>     | CL-ML | <b>SABILA</b> | 75% |
| 182971                 | 8503378  |                 |       |               |     |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                               |          |   |                        |      |
|-------------------------------|----------|---|------------------------|------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b>      |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       |                        | 1.05 |
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm | <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |      |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    | <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |      |

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            |            | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) | Δh (h2-h1) |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 5.1 ml                                 | 100.0 ml        | 76.3 ml    | 23.7 ml    | 1.57689                  | 0.0000004 | 0.0000004         | 0.0000006 |
| 2  | 24         | 8.1 ml                                 | 100.0 ml        | 68.8 ml    | 31.2 ml    | 2.07870                  | 0.0000002 | 0.0000003         | 0.0000005 |
| 3  | 48         | 15.2 ml                                | 100.0 ml        | 45.2 ml    | 54.8 ml    | 3.65581                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 4  | 72         | 22.3 ml                                | 100.0 ml        | 23.7 ml    | 76.3 ml    | 5.08955                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 5  | 96         | 35.5 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |

Figura 143: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 2



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Prácticamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO 8.9E-08 cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:**  
**PRÁCTICAMENTE IMPERMEABLE**

Fuente: Elaboración propia



Tabla 161: Permeabilidad suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |  |
|--|--|--|

"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

|             |  |
|-------------|--|
| Ensayo:     | Permeabilidad de Suelos  |
| Referencia: |  |
| Fecha:      | 24/07/23   |
| Tesistas:   | -Brigytte Yamileth Fernandez Silva<br>-Eric Hammer Quecaño Lopez |

|                        |         |                 |       |               |     |
|------------------------|---------|-----------------|-------|---------------|-----|
| <b>COORDENADAS UTM</b> |         | <b>CALICATA</b> | C-02  | <b>ACEITE</b> | 8%  |
| X                      | Y       | <b>SUCS</b>     | CL-ML | <b>SABILA</b> | 75% |
| 182971                 | 8503378 |                 |       |               |     |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

|                          |          |                                     |                        |
|--------------------------|----------|-------------------------------------|------------------------|
| <b>DATOS DE ENTRADA:</b> |          | <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>   |                        |
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN   | 15.24 cm |                                     | 1.05                   |
| TEMPERATURA DEL AGUA     | 18 °C    | ALTIMETRO INICIAL DEL ESPECIMEN (L) | 15.00 cm               |
|                          |          | AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)    | 182.41 cm <sup>2</sup> |

ml-cm

Coefficiente de permeabilidad = Conductividad hidráulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 4.8 ml                                 | 100.0 ml        | 63.9 ml    | 36.1 ml    | 2.40667                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000006 |
| 2  | 24         | 7.7 ml                                 | 100.0 ml        | 57.6 ml    | 42.4 ml    | 2.82667                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000005 |
| 3  | 48         | 14.4 ml                                | 100.0 ml        | 37.8 ml    | 62.2 ml    | 4.14667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 4  | 72         | 21.1 ml                                | 100.0 ml        | 19.8 ml    | 80.2 ml    | 5.34667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000004 |
| 5  | 96         | 33.6 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |

Figura 144: Gráfica Conductividad hidráulica vs Tiempo suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucilago - calicata 02 - ensayo 3



| Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994). |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Grado de permeabilidad                                       | Conductividad hidráulica cm/s       |
| Elevada  | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media  | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja   | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja   | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable                                    | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO 8.4E-08 cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD: PRACTICAMENTE IMPERMEABLE**

Fuente: Elaboración propia



c) Análisis del ensayo

Los ensayos de permeabilidad se realizaron mediante carga constante con ayuda de un permeámetro, el cual sirvió para determinar qué tan permeable es el suelo en estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo, el suelo natural tiene un grado de permeabilidad muy bajo, con la dosificación 1 tiene un grado de permeabilidad muy bajo, con la dosificación 2 tiene un grado de permeabilidad prácticamente impermeable y con la dosificación 3 tiene un grado de permeabilidad prácticamente impermeable.

**Tabla 162:** *Tabla resumen - Permeabilidad*

| MUESTRAS  | CONDUCTIVIDAD<br>HIDRÁULICA (cm/s) | GRADO DE PERMEABILIDAD           |
|---|------------------------------------|----------------------------------|
| Suelo natural - calicata 01                                       | 1.05E-07                           | Muy baja                         |
| Suelo natural - calicata 02                                       | <b>1.27E-07</b>                    | <b>Muy baja</b>                  |
| Suelo natural - calicata 03                                       | 1.05E-07                           | Muy baja                         |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 1.02E-07                           | Muy baja                         |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 1.22E-07                           | Muy baja                         |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 1.16E-07                           | Muy baja                         |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago - Promedio</b>        | <b>1.13E-07</b>                    | <b>Muy baja</b>                  |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 9.46E-08                           | Prácticamente impermeable        |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 8.49E-08                           | Prácticamente impermeable        |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 9.87E-08                           | Prácticamente impermeable        |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago - Promedio</b>        | <b>9.27E-08</b>                    | <b>Prácticamente impermeable</b> |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 1 | 8.40E-08                           | Prácticamente impermeable        |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 2 | 9.49E-08                           | Prácticamente impermeable        |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - calicata 02 - ensayo 3 | 8.89E-08                           | Prácticamente impermeable        |
| <b>Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago - Promedio</b>        | <b>8.93E-08</b>                    | <b>Prácticamente impermeable</b> |

Fuente: Elaboración propia



## Capítulo IV: Resultados

### 4.1. Límites de Atterberg

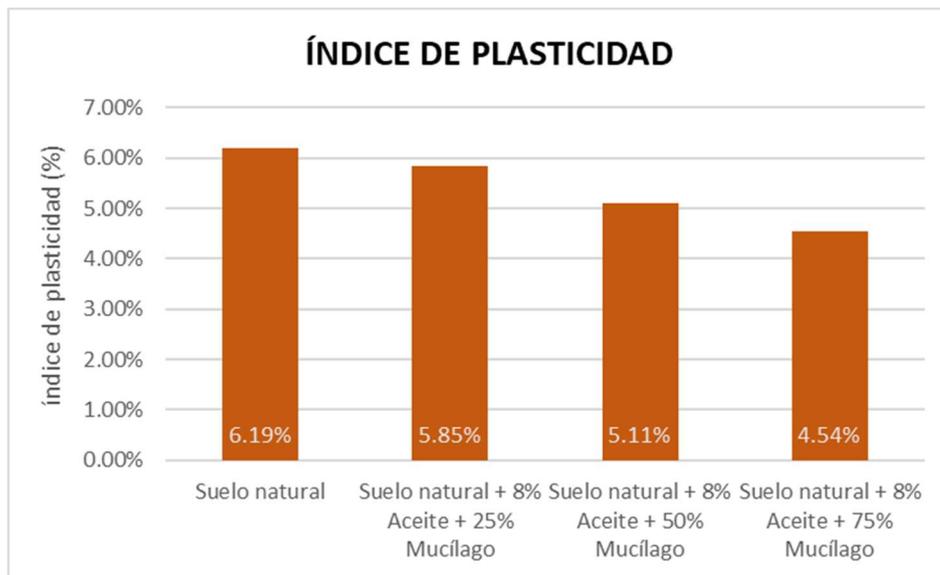
**Tabla 163:** Resultados: Índice de plasticidad

| MUESTRAS                                 | ÍNDICE DE PLASTICIDAD |
|--|-----------------------|
| Suelo natural                            | 6.19%                 |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago | 5.85%                 |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago | 5.11%                 |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago | 4.54%                 |

Fuente: Elaboración propia

Respecto al Índice de Plasticidad del suelo, observamos una tendencia de disminución a partir del suelo natural en relación al suelo natural añadiendo las distintas dosificaciones, además se nota una clara disminución del índice de plasticidad del suelo a medida que se va aumentando la dosificación en relación al mucílago de sábila ya que el aceite quemado de motor se añade en el mismo porcentaje para las 3 dosificaciones.

**Figura 145:** Gráfico Resultados Índice de plasticidad



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, a mayor dosificación, menor índice de plasticidad del suelo.



#### 4.2. Compactación de Suelos en Laboratorio (Proctor Modificado)

Tabla 164: Resultados: Proctor Modificado

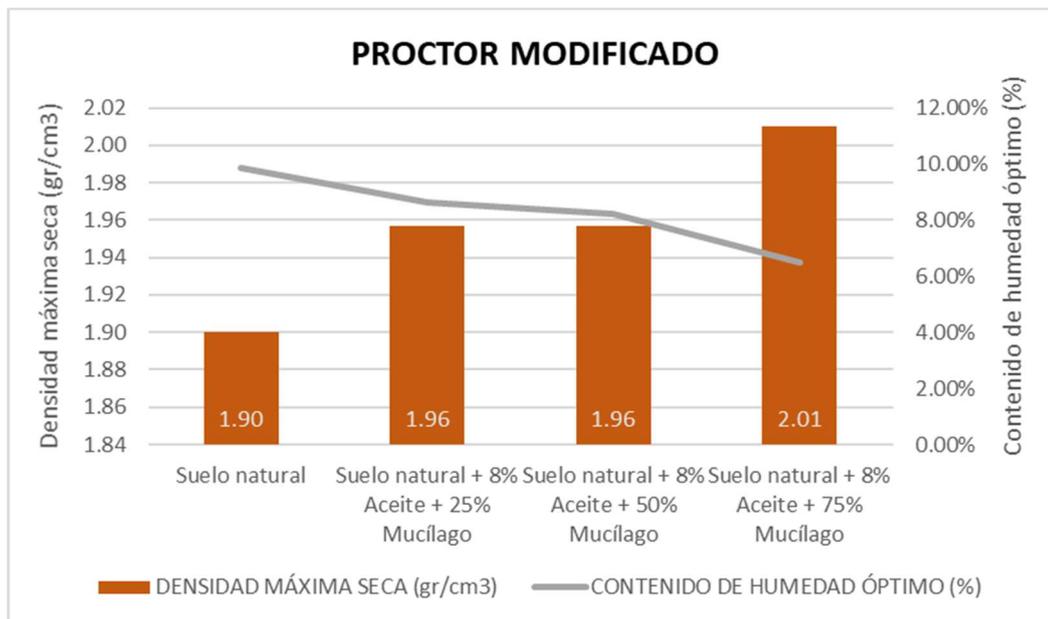
| MUESTRAS                                 | DENSIDAD MÁXIMA SECA (gr/cm <sup>3</sup> ) | CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) |
|--|--|---------------------------------|
| Suelo natural                            | 1.90                                       | 9.86%                           |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago | 1.96                                       | 8.63%                           |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago | 1.96                                       | 8.24%                           |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago | 2.01                                       | 6.47%                           |

Fuente: Elaboración propia

La densidad máxima seca presenta una tendencia de aumento a partir del suelo natural en relación al suelo natural añadiendo las distintas dosificaciones.

En cambio, para el contenido de humedad óptimo se presenta una tendencia de disminución a partir del suelo natural en relación al suelo natural añadiendo las distintas dosificaciones.

Figura 146: Gráfico Resultados Proctor Modificado



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto; al incrementar las dosificaciones, la densidad máxima seca del suelo tiende al aumento y el contenido de humedad óptimo tiende a la disminución.



### 4.3. Índice de CBR

**Tabla 165: Resultados: CBR**

| MUESTRAS                                 | ÍNDICE DE CBR (%) |
|--|-------------------|
| Suelo natural                            | 9.07%             |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago | 12.25%            |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago | 13.60%            |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago | 14.15%            |

Fuente: Elaboración propia

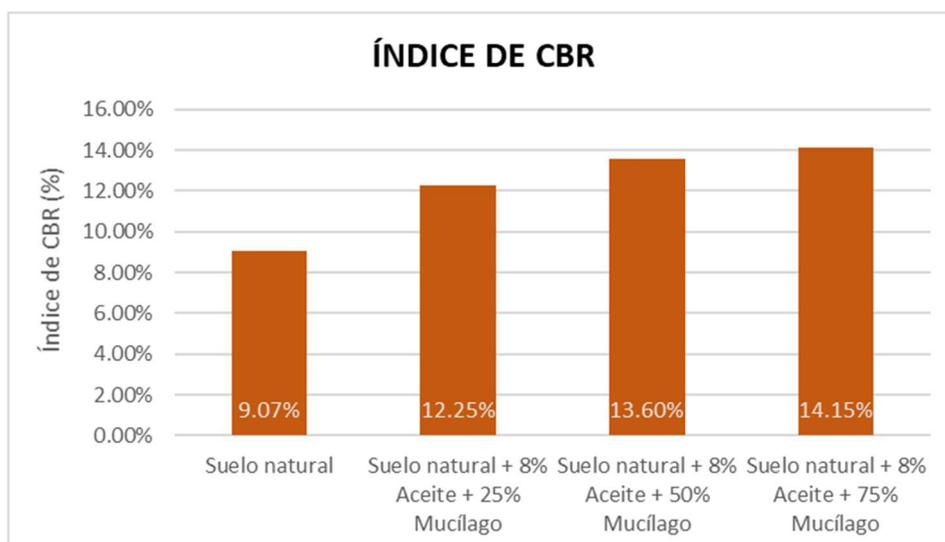
El índice de CBR presenta una tendencia de aumento significativa a partir del suelo natural en relación al suelo natural añadiendo las distintas dosificaciones, ya que pasa del 9.07% al 14.15% con la mayor dosificación. Al lograr este incremento, pasamos de una categoría de “Subrasante regular” a una “Subrasante buena” según las Categorías de subrasante del MTC.

**Tabla 166: Categorías de subrasante**

| Categorías de subrasante    | CBR                     |
|-----------------------------|-------------------------|
| S0: Subrasante inadecuada   | CBR <3%                 |
| S1: Subrasante insuficiente | De CBR ≥ 3% A CBR <6%   |
| S2: Subrasante regular      | De CBR ≥ 6% A CBR <10%  |
| S3: Subrasante buena        | De CBR ≥ 10% A CBR <20% |
| S4: Subrasante muy buena    | De CBR ≥ 20% A CBR <30% |
| S5: Subrasante excelente    | CBR 30%                 |

Fuente: (Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014)

**Figura 147: Gráfico Resultados CBR**





Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto; al incrementar las dosificaciones, el índice de CBR tiende al aumento.

#### 4.4. Permeabilidad de los suelos (laboratorio)

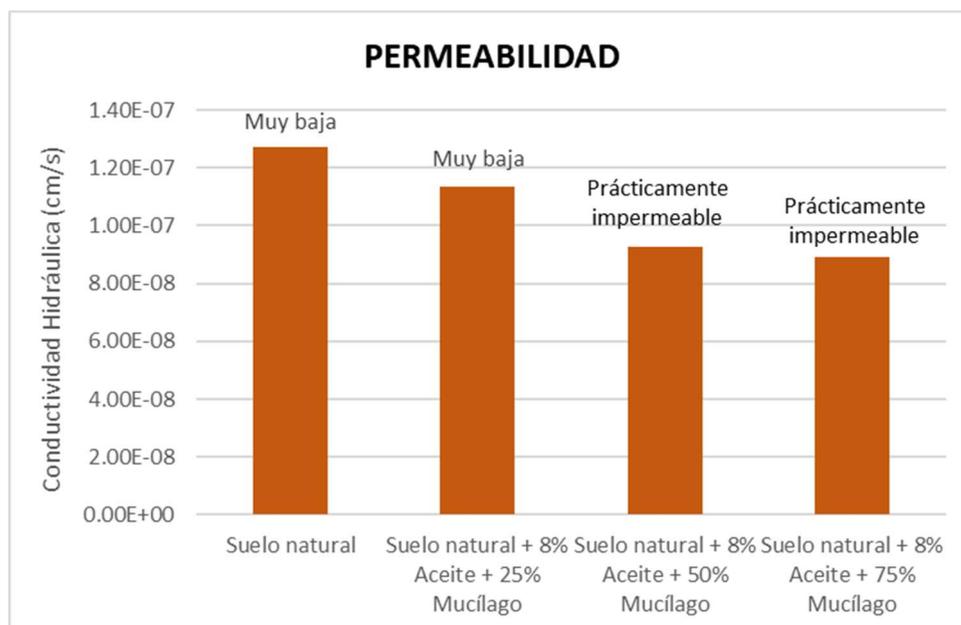
Tabla 167: Resultados: Permeabilidad

| MUESTRAS                                 | CONDUCTIVIDAD<br>HIDRÁULICA (cm/s) | GRADO DE PERMEABILIDAD    |
|--|------------------------------------|---------------------------|
| Suelo natural                            | 1.27E-07                           | Muy baja                  |
| Suelo natural + 8% Aceite + 25% Mucílago | 1.13E-07                           | Muy baja                  |
| Suelo natural + 8% Aceite + 50% Mucílago | 9.27E-08                           | Prácticamente impermeable |
| Suelo natural + 8% Aceite + 75% Mucílago | 8.93E-08                           | Prácticamente impermeable |

Fuente: Elaboración propia

El grado de permeabilidad del suelo presenta una tendencia de disminución a partir del suelo natural en relación al suelo natural añadiendo las distintas dosificaciones, ya que pasa de tener una permeabilidad muy baja a ser prácticamente impermeable con la dosificación 2 y 3 que vienen a ser las que contienen mayor porcentaje de mucílago de sábila.

Figura 148: Gráfico Resultados Permeabilidad



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto; al incrementar las dosificaciones, la permeabilidad del suelo tiende a la disminución.



## Capítulo V: Discusión

### 5.1. Contraste de los resultados con referentes del marco teórico

- **Discusión 01:** Según el Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014) en donde nos muestra el cuadro 4.11 Categorías de Sub rasante, nos indica que el CBR obtenido de nuestro suelo natural está clasificado como S2: Sub rasante regular con un valor de 9.07%, Luego de realizar la adición de las dosificaciones en sus distintos porcentajes le logro obtener un CBR de 14.15% con la dosificación N°03 (8% aceite+75% mucilago) siendo este clasificado como S3: Sub rasante buena, asi estos resultados permitieron observar una considerable mejora del suelo natural en comparación con el suelo estabilizado con la dosificación N°3
- **Discusión 02:** Según la investigación: “Adición del mucílago de penca de tuna para estabilizar suelo arcilloso, Chilca” Los resultados que se dieron fueron el incremento del límite líquido, incremento en el valor del límite plástico, disminución del índice de plasticidad, disminución de la expansión, asimismo aumento del CBR, obteniendo valores por encima del 6%, lo que según el Manual de carreteras hace que los valores de CBR obtenidos hagan apto el suelo para ser utilizado como sub rasante. Los resultados obtenidos de la investigación realizada dieron como resultado una disminución del índice de plasticidad desde un 6.19% en suelo natural hasta un 4.54% con la dosificación N°3, así mismo hubo un incremento considerable de la densidad máxima seca de un 1.90gr/cm<sup>3</sup> en suelo natural hasta un 2.01gr/cm<sup>3</sup> con la dosificación N°3, el incremento del CBR de un 9.07% en suelo natural hasta un 14.15% con la dosificación N°3 y por último se obtuvo una disminución considerable en la permeabilidad pasando de un suelo con muy baja permeabilidad a uno casi impermeable
- **¿Qué aporte nos brinda la presente investigación?**

La presente investigación aporta a la ingeniería al demostrar que el empleo del mucílago de sábila como aditivo natural junto al aceite quemado de motor como un aditivo químico logran mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo cohesivo para su uso a nivel de subrasante.
- **¿Por qué se realizó la investigación con Aceite quemado de motor y Mucílago de sábila?**



Debido a que el mucílago de sábila es económico y de fácil accesibilidad y el aceite quemado de motor prácticamente se desecha y contamina el medio ambiente específicamente al agua; entonces, se realiza la investigación debido a que los aditivos que se emplean son accesibles y económicos. Además, se tiene como antecedentes que el aceite quemado de motor es un beneficioso en cuanto a la mejora de las propiedades mecánicas de un suelo cohesivo; por lo que, es un aditivo conocido, el cual se combinó con un aditivo nuevo y natural que viene a ser el mucílago de sábila.

- **¿Por qué se decidió combinar el aceite quemado de motor con el mucílago de sábila?**

En cuanto al aceite quemado de motor se opta por su utilización debido a que en la actualidad el parque automotor en la ciudad del Cusco ha incrementado de manera exponencial y al tener gran cantidad de talleres y lubricentros los cuales no cumplen adecuadamente con la eliminación de estos aceites usados de motor, se propone hacer uso de los mismos de manera que podamos darle un segundo uso para mejora de los suelos que serán empleados como capa de subrasante de carretera; además, existen antecedentes que demuestran resultados óptimos del empleo de esta sustancia en la estabilización de suelos, estos realizados en otras ciudades; sin embargo en la ciudad del Cusco no se realizó ningún estudio por lo que se realiza en la presente investigación de tal forma que sirva como referencia para futuras investigaciones del lugar en estudio.

Por otro lado, al tener antecedentes que indican que al añadir mucílago tanto de penca de tuna como de nopal en la estabilización de suelos se obtienen resultados favorables en cuanto a la compactación y otras propiedades fundamentales del suelo, se opta por emplear un mucílago en la investigación y para decidir que sea de sábila, notamos que dicha planta tiene características y propiedades muy buenas en distintos ámbitos, tanto medicinales como industriales, por lo que se pretende saber si también tiene propiedades buenas en cuanto a la mejora de suelos cohesivos, además que encontramos estas plantaciones de forma silvestre ya que se adaptan a cualquier clima por lo que su adquisición sería económica.

Se realiza el uso de ambos aditivos principalmente para ver la reacción que se produce al combinar un aditivo natural en combinación con uno químico y al saber que el aceite quemado de motor tiene un buen comportamiento, demostrar si al ser añadido con un aditivo nuevo como lo es el mucílago de sábila mejora mucho más ciertas propiedades



del suelo o en todo caso, no tiene gran influencia en combinación con él.

- **¿De acuerdo a qué parámetros fueron determinados los porcentajes de aceite quemado de motor y mucílago de sábila a añadir?**

El porcentaje de aceite quemado de motor al 8% fue definido debido a los antecedentes presentes que indican que las dosificaciones entre 7-10% de aceite quemado de motor presentan mejores resultados.

Los porcentajes de mucílago de sábila fueron definidos gracias a antecedentes que indican que el empleo de mucílago de nopal tiene buenos resultados cuando se les añade en porcentajes de 25%, 50% y 75%; por lo que se usaron las mismas dosificaciones para verificar si también son beneficiosas en la presente investigación.

- **¿Cómo se empleó el aceite quemado de motor junto al mucílago de sábila en el suelo cohesivo?**

El aceite quemado de motor se añade en un 8% en combinación con el mucílago de sábila el cual se añadió en tres porcentajes, dando lugar a 3 dosificaciones, por lo tanto, optamos por preparar las tres combinaciones en distintos recipientes con un aproximado de 1 litro de cada uno para realizar cada ensayo y reemplazarlo por la adición de agua correspondiente a cada uno de ellos.

- **¿Es posible afirmar, que el aceite quemado de motor y el mucílago de sábila son buenos aditivos en suelos cohesivos?**

El aceite quemado de motor es un buen aditivo en relación a la mejora de las propiedades mecánicas del suelo cohesivo, y al ser adicionado con mucílago de sábila comprobamos que mejora su eficiencia y da buenos resultados en relación a las distintas propiedades tanto físicas como mecánicas; por lo que sí se puede afirmar que el aceite quemado de motor y el mucílago de sábila son buenos aditivos en suelos cohesivos.



## Glosario

- CBR: California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.
- Clasificación de suelos AASHTO: Son considerados mediante distintos criterios: su evolución, composición, capacidad de uso en agricultura y textura, entre otros. Las partículas minerales que forman el suelo tienen diferentes grandezas y se llaman arena, limo y arcilla, de mayor a menor
- Contenido de humedad: Relación expresada como porcentaje, del peso de agua en masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.
- Granulometría: Permite conocer la medida de los granos de los sedimentos. Mediante el análisis granulométrico se puede obtener información importante como: su origen, propiedades mecánicas y el cálculo de la abundancia de cada uno de los granos según su tamaño dentro de la escala granulométrica.
- Límites de Atterberg: son parte de los estudios de suelos normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos (Unified Soil Classification System, SUCS)
- Proctor Modificado: Se emplea para determinar la relación densidad seca – humedad de compactación de los materiales a utilizar en explanadas y en capas de firmes, y como referencia para el control de calidad de la compactación en obra.



## Conclusiones

**Conclusión N° 01:** Se demuestra la Hipótesis General, la cual menciona que: “La adición de aceite quemado de motor y mucílago de sábila influye significativamente en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.” Debido a que comprobamos de manera afirmativa todas las sub hipótesis, las cuales brindan una mejora sustantiva del suelo en estudio con relación a sus propiedades físico mecánicas gracias a la adición del aceite quemado de motor y mucílago de sábila en sus distintas dosificaciones.

**Conclusión N° 02:** Se demuestra la Sub-Hipótesis N°01, la cual menciona que: “La adición de aceite quemado de motor y mucílago de sábila influye significativamente en la plasticidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.” Debido a que se logró una disminución del índice de plasticidad del suelo a medida que se fue aumentando la dosificación de aceite quemado de motor y mucílago de sábila, pasando de un índice de plasticidad de 6.19% para el suelo natural a un 4.54% para el suelo adicionado con la dosificación 3 que fue de aceite de motor al 8% y mucílago de sábila al 75%, disminuyendo en un 1.65%. (Figura 145, pág. 239)

**Conclusión N° 03:** Se demuestra la Sub-Hipótesis N°02, la cual menciona que: “La adición de aceite quemado de motor y mucílago de sábila influye significativamente en la densidad máxima seca de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco” Debido a que, al incrementar las dosificaciones, la densidad máxima seca del suelo tiende al aumento pasando de tener una densidad máxima seca de 1.90 gr/cm<sup>3</sup> del suelo natural a una densidad máxima seca de 2.01 gr/cm<sup>3</sup> con la mayor dosificación y el contenido de humedad óptimo tiende a la disminución, obteniendo un contenido de humedad óptimo de 9.86% del suelo natural a un contenido de humedad óptimo de 6.47% con la mayor dosificación. (Figura 146, pág. 240)

**Conclusión N° 04:** Se demuestra la Sub-Hipótesis N°03, la cual menciona que: “La adición de aceite quemado de motor y mucílago de sábila influye significativamente en el CBR de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.” Debido a que el índice de CBR presenta una tendencia de aumento significativa a partir del suelo natural en relación al suelo natural añadiendo las distintas dosificaciones, ya que pasa del



9.07% al 14.15% con la mayor dosificación y al lograr este incremento, pasamos de una categoría de “Subrasante regular” a una “Subrasante buena”. (Figura 147, pág. 241)

**Conclusión N° 05:** Se demuestra la Sub-Hipótesis N°04, la cual menciona que: “La adición de aceite quemado de motor y mucílago de sábila influye significativamente en la permeabilidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.” Debido a que, al incrementar las dosificaciones, el grado de permeabilidad del suelo tiende a la disminución, llegando a ser un suelo prácticamente impermeable. (Figura 148, pág. 242)



## Recomendaciones

**Recomendación N° 01:** Se recomienda continuar con las investigaciones del uso de aceite quemado de motor y mucilago de sábila como agentes estabilizadores para diferentes suelos, ya que en la presente investigación quedó demostrada su funcionalidad.

**Recomendación N° 02:** Se recomienda realizar investigaciones con la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucilago de sábila mayores al 75% sobre suelos cohesivos, como agentes estabilizadores y así poder determinar el porcentaje máximo a añadir al suelo antes de la disminución en el valor del CBR.

**Recomendación N° 03:** Se recomienda realizar un análisis comparativo de costos entre el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de suelos con aceite quemado de motor y mucilago de sábila, y otros estabilizantes más convencionales.

**Recomendación N° 04:** Se recomienda realizar la estabilización de suelo cohesivo con la sábila de manera entera, sin extraer el mucilago solamente, puesto que este proceso de extracción de mucilago de sábila demanda un tiempo considerable.

**Recomendación N° 05:** Se recomienda a la Municipalidad Distrital de San Sebastián emplear la adición de aceite quemado de motor y mucilago de sábila como agente estabilizante de la subrasante en la vía de la A.P.V. Villa Unión ya que quedó demostrado que este material, además de ser fácil de obtener, incrementa en gran manera la capacidad de soporte del suelo.

**Recomendación N° 06:** Se recomienda que todos los equipos y herramientas a utilizar en laboratorio se encuentren debidamente calibrados y así poder garantizar la calidad y veracidad de los resultados.



## Referencias

- A. Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. (O. Fernández Palma, Ed.) Colombia: Person Educación.
- Anónimo. (2018). Obtenido de <https://www.ingecivil.net/2018/08/09/informacion-sobre-los-suelos-cohesivos/>
- Anonimo. (2020). *Infinitia Industrial Consulting*. Obtenido de <https://www.infinitiaresearch.com/laboratorio-ingenieria-industrial/propiedades-mecanicas/#:~:text=Las%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20de%20un,y%20resistir%20fuerzas%20o%20deformaciones.>
- Anonimo. (2023). *Ficha Técnica Aceite Para Motor*. Mexico.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación*. Venezuela: Sexta Edición.
- Arner, A., Barberan, R., & Mur, J. (2006). *La política de gestión de residuos: los aceites usados*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=96917230003>
- Balakrishnan, M., Saravanan, S., Krithiga, S., Mohamad, A., Nageswara, R., Sandhanasamy, D., . . . Aruliah, R. (2023). Influence of bioaugmentation in crude oil contaminated soil by. *ELSEVIER*.
- Barrios-Ziolo, L. F., Robayo-Gomez, J., Prieto-Cadavid, S., & Cardona-Gallardo, S. A. (2015). Biorremediación de suelos contaminados con aceites usados de motor. *Revista Cintex*, 69-96.
- Calderon, A. (2015). *Ensayos de campo y laboratorio en el control de calidad de obra*. Mexico: Universidad Sonora.
- Conacyt. (18 de enero de 2017). *La adición de nopal a los materiales de construcción aumenta su durabilidad*. Obtenido de Agencia informativa del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología México: <https://iresiduo.com/noticias/mexico/conacyt/17/01/18/adicion-nopal-materiales-construccion-aumenta-durabilidad>
- ConstruMine. (2018). *Mecánica de suelos I*. Obtenido de <https://construmine.webnode.cl/l/mecanica-de-suelos-i/>



- Cuadros Surichaqui, C. M. (2017). Mejoramiento de las propiedades fisico-mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región de Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio.
- Das, B. M. (2015). *Fundamento de la Ingeniería Geotécnica*. Cengage Learning.
- Dominguez, R., Arzate, I., Chanona, J., Welti, J., Alvarado, J., Calderon, G., . . . Gutierrez, G. (2012). El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista mexicana de ingeniería*.
- Duque, G., & Escobar, C. (2020). Consistencia y Plasticidad. En *Mecánica de suelos I* (págs. 33-36).
- FAO. (2015). Obtenido de [https://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s09.htm#:~:text=Permeabilidad%20es%20la%20propiedad%20que,perder%C3%A1%20poca%20agua%20por%20filtraci%C3%B3n](https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm#:~:text=Permeabilidad%20es%20la%20propiedad%20que,perder%C3%A1%20poca%20agua%20por%20filtraci%C3%B3n).
- Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., & Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mac Graw Hill Education.
- Geotechnical Consulting*. (2018). Obtenido de <https://geotecniafacil.com/ensayo-cbr-laboratorio/>
- Hernandez Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2017). *Metodología de la investigación*. México: Sexta Edición.
- Huaquisto, S. (2014). *Efectos del aceite residual de la maquinaria pesada*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Lopez Maldonado, G. (2020). Ensayos de compactación en carreteras: Proctor Normal y Modificado.
- Madrid, R., Navarro, R., & Lax, A. (1977). *Desorción de cationes en arcillas del tipo 2: 1 por aplicación del método de cambio iónico continuo infinitesimal*. Universidad de Murcia.
- Maldonado, Y. (2020). *GEOLOGÍA WEB*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/ingenieria->



geologica/permeabilidad-suelo/

Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2014). Lima: MTC.

MEF. (2015). *Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública en Carreteras*.  
Obtenido de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas\\_Pavimentos.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf)

Mendizabal, K. (2018). *Adición del mucílago de penca de tuna para estabilizar suelo arcilloso, Chilca*. Huancayo - Perú: Universidad Peruana de los Andes.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: MTC.

Moncayo, J. (2018). *Estudio del efecto del aceite de motor usado, en la resistencia a corte y cbr de los suelos finos (MH) en la ciudad de Cali*. Santiago de Cali - Colombia: Universidad del Valle.

MTC. (2010). Lima.

Orozco, L. (2021). Obtenido de <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-de-ingenieria-nicaragua/mecanica-de-suelos-1/estructura-de-los-suelos-estructura-cohesiva/21917822>

Ortiz, J. L. (2010). *Aloe Vera: La Planta del Futuro (Sábila)*. España: Authorhouse.

Osorio, S. (2016). *Apuntes de geotecnia*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3282/53973-5.pdf?sequence=5>

Perez, A. (2017). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000100171&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000100171&script=sci_arttext)

Quezada, W., & Gallardo, I. (2014). Obtención de extractos de plantas mucilaginosas para la clarificación de jugos de caña. *Tecnología Química, RTQ*.

Reyes, O., Porras, M., & Rodriguez, Y. (2001). Empleo de aceite quemado para mejorar las



propiedades mecánicas de bases y subbases granulares. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 11, 55-58.

Rivera, J., Aguirre, A., Mejía, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente. *Revista Sena*.

Sanchez, A. (2018). *Academia*. Obtenido de [https://www.academia.edu/6386237/PROPIEDADES\\_FISICAS\\_Y\\_MECANICAS\\_DE\\_LOS\\_SUELOS](https://www.academia.edu/6386237/PROPIEDADES_FISICAS_Y_MECANICAS_DE_LOS_SUELOS)

Sangués, P. (2008). *Propiedades de los suelos compactados*. Buenos Aires: LMSFIUBA.

Santa Cruz, M. (2018). *Efectos del aceite quemado en las propiedades mecánicas del suelo cohesivo, Satipo, Junin*. Huancayo-Perú: Universidad Peruana de los Andes.

Torres, A., Celis, C., Martinez, W., & Lomeli, M. (2010). *Mejora en la durabilidad de materiales*. Querétaro, México: Publicación Técnica No. 326.

Tovar, C., Bolaños, E., & Silva, W. (2017). Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje. *Prospectiva*, 135-144.

Villena, E., Villaroel, A., & Leon, M. (5 de junio de 2019). *Efecto de la contaminación del aceite (usado) de motor en las características geotécnicas de las arcillas de la zona urbana del Municipio de Tarija-Bolivia y su impacto en la construcción*. Obtenido de <https://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/2385>



Anexos

| 1.-MATRIZ DE CONSISTENCIA: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO" |  |   |   |   |  |  |
|---|--|---|---|---|--|--|
| 2.-PROBLEMA GENERAL   | 3.-OBJETIVO GENERAL  | 4.-HIPOTESIS GENERAL  | 5.-VARIABLES                                    |   | 6.-INSTRUMENTOS  |  |
|   |  |   | 5.1 INDEPENDIENTE                               | 5.1.1 DIMENSIONES                       |  |  |
| ¿Cuál es la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco?                              | Determinar la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco. | La adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% influye significativamente en las propiedades físico-mecánicas de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco. | ACEITE QUEMADO DE MOTOR                         | DOSIFICACIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR | FICHAS DE LABORATORIO  |  |
|   |  |   | MUCÍLAGO DE SÁBILA                              | DOSIFICACIÓN DE MUCÍLAGO DE SÁBILA      |  |  |
| 2.1.-PROBLEMAS ESPECIFICOS  | 3.1.OBJETIVOS ESPECIFICOS  | 4.1.1.HIPOTESIS ESPECIFICAS   | 5.2 DEPENDIENTES                                | 5.2.1 DIMENSIONES                       | 7.-METODOLOGIA   |  |
| ¿Cuál es la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la plasticidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco?  | Determinar la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la plasticidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.                   | La adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% influye significativamente en la plasticidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.                   | PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL SUELO COHESIVO | PLASTICIDAD                             | SE UTILIZA EL METODO HIPOTÉTICO DEDUCTIVO.                           |  |
| ¿Cuál es la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la densidad máxima seca de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco?                                       | Determinar la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la densidad máxima seca de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.          | La adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% influye significativamente en la densidad máxima seca de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.          |   | DENSIDAD MÁXIMA SECA                    | <b>8. TIPO DE INVESTIGACION (SEGÚN CLASIFICACION DE H. SAMPIERI)</b> |  |
| ¿Cuál es la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en el CBR de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco?  | Determinar la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en el CBR de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.                           | La adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% influye significativamente en el CBR de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.                           |   | CBR                                     | 1. SEGÚN SU DISEÑO ES EXPERIMENTAL                                   |  |
| ¿Cuál es la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la permeabilidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco?  | Determinar la influencia de la adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% en la permeabilidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.                 | La adición de aceite quemado de motor al 8% y mucílago de sábila al 25%, 50% y 75% influye significativamente en la permeabilidad de un suelo cohesivo a nivel de subrasante en el sector de Alto Qosqo, distrito de San Sebastián – Cusco.                 |   | PERMEABILIDAD                           | 2. SEGÚN SU ENFOQUE ES CUANTITATIVA                                  |  |
|   |  |   |   |   | 3. SEGÚN SU ALCANCE ES DESCRIPTIVA-EXPLICATIVA                       |  |
|   |  |   |   |   | 4. SEGÚN SU FINALIDAD ES APLICADA O PRÁCTICA                         |  |
|   |  |   |   |   | 5. SEGÚN LA FUENTE DE DATOS ES DE LABORATORIO                        |  |

Fuente: Elaboración propia



## CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos

### PROYECTO / TESIS

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

### UBICACION

|              |                          |              |              |             |              |
|--------------|--------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN<br/>SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|--------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

### SOLICITANTE

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**

**EMS PARA CARRETERAS - SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307704)**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, MAYO 2023**

**CALICATA N°01**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
**CIP. 307704**  
**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS**  
**TERRESTRES**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

SOLICITANTE: Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

FECHA: CUSCO, MAYO 2023

UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |
| CALICATA        | C-01    |
| SUCS            | CL-ML   |
| CEMENTO         | 0.00%   |
| UBICACIÓN       | 0.00%   |

COTA DE TERRENO NATURAL: 3300 m.s.n.m.

COTA DE TERRENO SUBRASANTE: 3300 m.s.n.m.

DESNIVEL: 0.00 m

| Prof.   | ESC | SUCS  | FOTOGRAFIA | Simbologia SUCS | Descripcion SUCS                   | Observaciones  |
|---|-----|-------|------------|-----------------|------------------------------------|--|
| 0.10 m  |     | Pt    |            |                 | Turba y Suelos Altamente Organicos | MATERIAL ALTAMENTE ORGANICO, CON PRESENCIA DE RAICES DE PLANTAS, ESTE MATERIAL DEBERA SER REMOVIDO, ELIMINADO Y POSTERIORMENTE RELLENADO CON UN NUEVO MATERIAL DE CANTERA (LASTRE). LO SEÑALADO DEPENDERA DEL NIVEL O COTA DE SUBRASANTE |
| 0.20 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.30 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.40 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.50 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.60 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.70 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.80 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.90 m  |     | CL-ML |            |                 | Arcilla limosa de baja plasticidad | MATERIAL COHESIVO DE COLOR MARRON OSCURO CON PRESENCIA DE PEQUEÑAS LAMINACIONES DE ARENA DE COLOR GRIS OSCURO  |
| 1.00 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.10 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.20 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.30 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.40 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.50 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.60 m  |     |       |            |                 |                                    |  |
| <p>NO SE DETECTO LA PRESENCIA DE NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION</p> <p>ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN<br/>CIP. 307704</p> |     |       |            |                 |                                    |  |



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-01  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| PESO SECO ANTES DE LAVADO   | 264.37 g |
| PESO SECO DESPUES DE LAVADO | 29.68 g  |
| PERDIDA EN PESO             | 234.69 g |

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200**

**EG2013 - CARRETERAS**

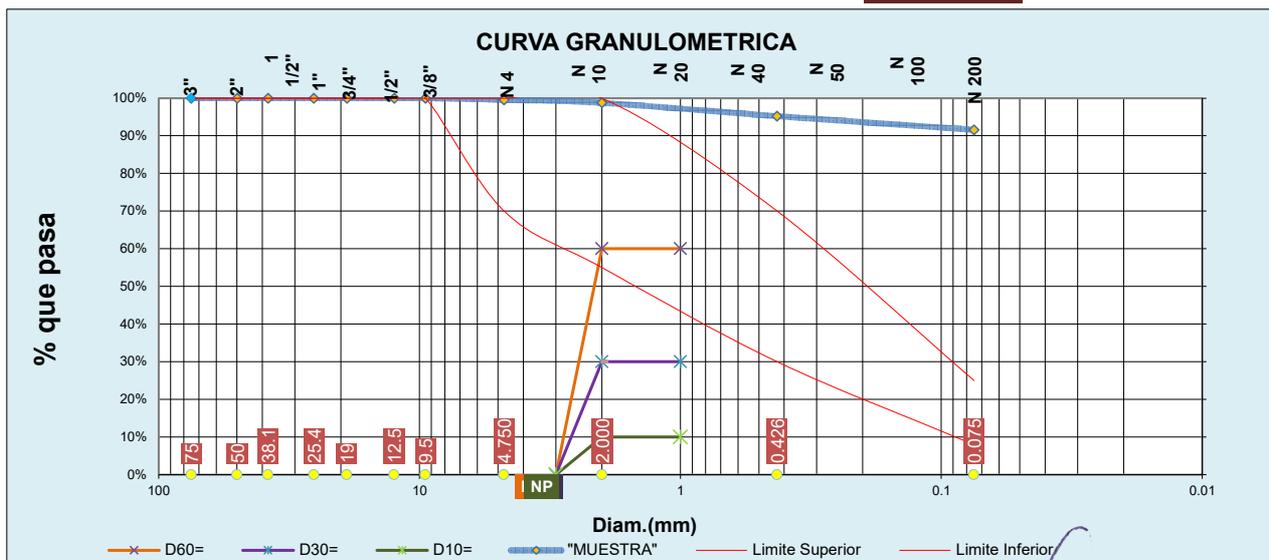
**Gradación D**

| Tamiz N°     | Diam.(mm) | Peso retenido | %retenido      | % retenido acumulado | %que pasa | Limite Superior | Limite Inferior | Cumple?? |
|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------------|-----------|-----------------|-----------------|----------|
| 3 pulg       | 75        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 2 pulg       | 50        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 1 1/2 pulg   | 38.1      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 1 pulg       | 25.4      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 3/4 pulg     | 19        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 1/2 pulg     | 12.5      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 3/8 pulg     | 9.5       | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| N° 4         | 4.750     | 1.17          | 0.44%          | 0.44%                | 99.56%    | 100.00%         | 70.00%          | SI       |
| N° 10        | 2.000     | 2.14          | 0.81%          | 1.25%                | 98.75%    | 100.00%         | 55.00%          | SI       |
| N° 40        | 0.426     | 9.31          | 3.52%          | 4.78%                | 95.22%    | 70.00%          | 30.00%          | NO       |
| N° 200       | 0.075     | 9.56          | 3.62%          | 8.39%                | 91.61%    | 25.00%          | 8.00%           | NO       |
| bandeja      | 0.010     | 242.11        | 91.61%         | 100.00%              | 0.00%     |                 |                 |          |
| <b>TOTAL</b> |           | <b>264.29</b> | <b>100.00%</b> |                      |           |                 |                 |          |

% de gruesos= 8.39%  
% de finos= 91.61%  
% de grava= 0.44%  
% de arena= 7.95%

% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 5.28% (Grava)  
% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 94.72% (Arena)

**METODO DE COMPACTACION A**



D60= NP  
D30= NP  
D10= NP

Cu= NP  
Cc= NP



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y LAS  
TIERRAS



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-01  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| PESO SECO ANTES DE LAVADO   | 264.37 g |
| PESO SECO DESPUES DE LAVADO | 29.68 g  |
| PERDIDA EN PESO             | 234.69 g |

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 24.99  | 24.22  | 24.61  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 24.52  | 23.80  | 24.20  |               |
| peso de lata(gr)              | 21.78  | 21.59  | 22.06  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 2.74   | 2.21   | 2.14   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 3.21   | 2.63   | 2.55   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.47   | 0.42   | 0.41   |               |
| contenido de humedad          | 17.15% | 19.00% | 19.16% | <b>18.44%</b> |

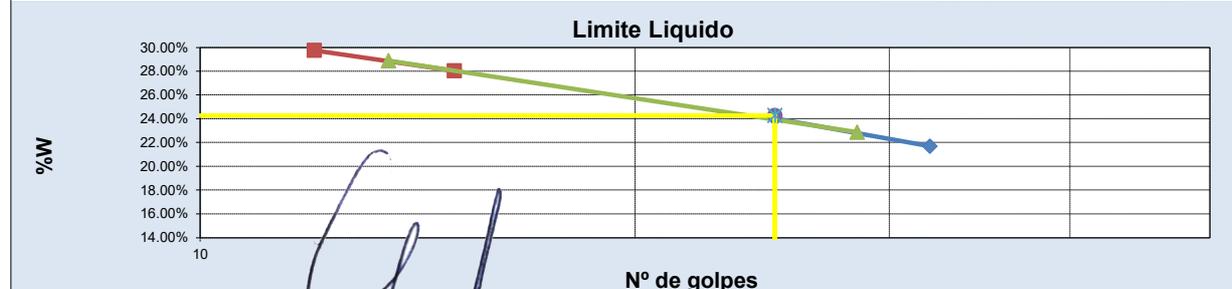


**LIMITE PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 39.15  | 44.22  | 55.31  | 49.75  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.08  | 39.81  | 48.00  | 43.40  |
| peso de lata(gr)                | 21.94  | 21.47  | 21.93  | 22.05  |
| peso de suelo seco(gr)          | 14.14  | 18.34  | 26.07  | 21.35  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 17.21  | 22.75  | 33.38  | 27.70  |
| peso de agua(gr)                | 3.07   | 4.41   | 7.31   | 6.35   |
| contenido de humedad            | 21.71% | 24.05% | 28.04% | 29.74% |
| Numero de golpes:N              | 32     | 25     | 15     | 12     |
| LL aproximado                   | 22.37  | 24.05  | 26.36  | 27.21  |



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS  
YERRENTRES

|     |       |
|-----|-------|
| LL= | 24.28 |
| LP= | 18.44 |
| IP= | 5.84  |



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

SOLICITANTE: Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

FECHA: CUSCO, MAYO 2023

UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

**SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)**

**Datos para la clasificación**

**De la granulometria**

% de gruesos= 8.39%  
 % de finos= 91.61% Retenido en malla N 200= 8.39%  
 % de grava= 0.44% Retenido en malla N 4= 0.44%  
 % de arena= 7.95%  
 % de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 5.28% (Grava)  
 % de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 94.72% (Arena)  
 Cu= NP  
 Cc= NP

**De los limites de consistencia**

LL= 24.28  
 LP= 18.44  
 IP= 5.84

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

| CALICATA | C-01  |
|----------|-------|
| SUCS     | CL-ML |
| ACEITE   | 0.00% |
| SABILA   | 0.00% |

**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487**

| Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio |  | Clasificación de suelos  |   |                                      |
|--|--|--|---|--------------------------------------|
|  |  | Símbolo de grupo   | Nombre del grupo  |                                      |
| Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200                                 | Gravas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200             | Cu ≥ 4 y 1 ≤ Cc ≤ 3  | GW Grava bien graduada  |                                      |
|  |  | Cu < 4 y 1 > Cc > 3  | GP Grava mal graduada   |                                      |
|  | Gravas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200            | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad           | GM Grava limosa   |                                      |
|  |  | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad           | GC Grava arcillosa  |                                      |
|  | Gravas limpias y con finos<br>Entre el 5 y 12% pasa malla No.200 | Cumple los criterios para GW y GM                                    | GW-GM Grava bien graduada con limo                                    |                                      |
|  |  | Cumple los criterios para GW y GC                                    | GW-GC Grava bien graduada con arcilla                                 |                                      |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GM                                    | GP-GM Grava mal graduada con limo                                     |                                      |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GC                                    | GP-GC Grava mal graduada con arcilla                                  |                                      |
|  | Arenas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200             | Cu ≥ 6 y 1 ≤ Cc ≤ 3  | SW Arena bien graduada  |                                      |
|  |  | Cu < 6 y 1 > Cc > 3  | SP Arena mal graduada   |                                      |
| Suelos de partículas finas El 50% o mas de la fraccion gruesa pasa la malla No. 4                        | Arenas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200            | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad           | SM Arena limosa   |                                      |
|  |  | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad           | SC Arena arcillosa  |                                      |
|  | Arenas limpias y con finos<br>Entre el 5 y 12% pasa malla No.200 | Cumple los criterios para SW y SM                                    | SW-SM Arena bien graduada con limo                                    |                                      |
|  |  | Cumple los criterios para SW y SC                                    | SW-SC Arena bien graduada con arcilla                                 |                                      |
|  |  | Cumple los criterios para SP y SM                                    | SP-SM Arena mal graduada con limo                                     |                                      |
|  |  | Cumple los criterios para SP y SC                                    | SP-SC Arena mal graduada con arcilla                                  |                                      |
|  | Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200    | Inorganicos  | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" | CL Arcilla de baja plasticidad       |
|  |  |  | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"  | ML Limo de baja plasticidad          |
|  |  | Organicos  | Limite liquido - secado al homo < 0.75<br>limite liquido - no secado  | OL Arcilla organica<br>Limo organico |
|  |  | Inorganicos  | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" | CH Arcilla de alta plasticidad       |
| Suelos altamente organicos   | Inorganicos  | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A" | MH Limo de alta plasticidad   |                                      |
|  | Organicos  | Limite liquido - secado al homo < 0.75<br>limite liquido - no secado | OH Arcilla organica<br>Limo organica                                  |                                      |
| Suelos altamente organicos   |  | Principalmente materia organica de color oscuro                      | PT Turba  |                                      |

**DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS**

| SUELOS  |    |               |       |           |       |         |    |               |    |           |       |   |       |       |          |    |       |                |       |    |    |    |    |    |    |
|---|----|---------------|-------|-----------|-------|---------|----|---------------|----|-----------|-------|---|-------|-------|----------|----|-------|----------------|-------|----|----|----|----|----|----|
| GRUESOS<br>MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200 |    |               |       |           |       |         |    |               |    |           |       | FINOS<br>MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200 |       |       |          |    |       |                |       |    |    |    |    |    |    |
| GRAVAS  |    |               |       |           |       | ARENAS  |    |               |    |           |       | LIMOS Y ARCILLAS                          |       |       |          |    |       | ORG<br>(Turba) |       |    |    |    |    |    |    |
| LIMPIAS                                       |    | COMBINACIONES |       | CON FINOS |       | LIMPIAS |    | COMBINACIONES |    | CON FINOS |       | LL < 50%                                  |       |       | LL > 50% |    |       |                |       |    |    |    |    |    |    |
| GW  | GP | GW-GM         | GW-GC | GP-GM     | GP-GC | GM      | GC | GC-GM         | SW | SP        | SW-SM | SW-SC                                     | SP-SM | SP-SC | SM       | SC | SC-SM | CL             | CL-ML | ML | OL | CH | MH | OH | Pt |

**CL-ML (SUCS) = Arcilla limosa de baja plasticidad**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y MAS  
TRANSACCIONES

DERECHOS DE AUTOR RESERVADOS



CONGEOINGC EIRL. CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

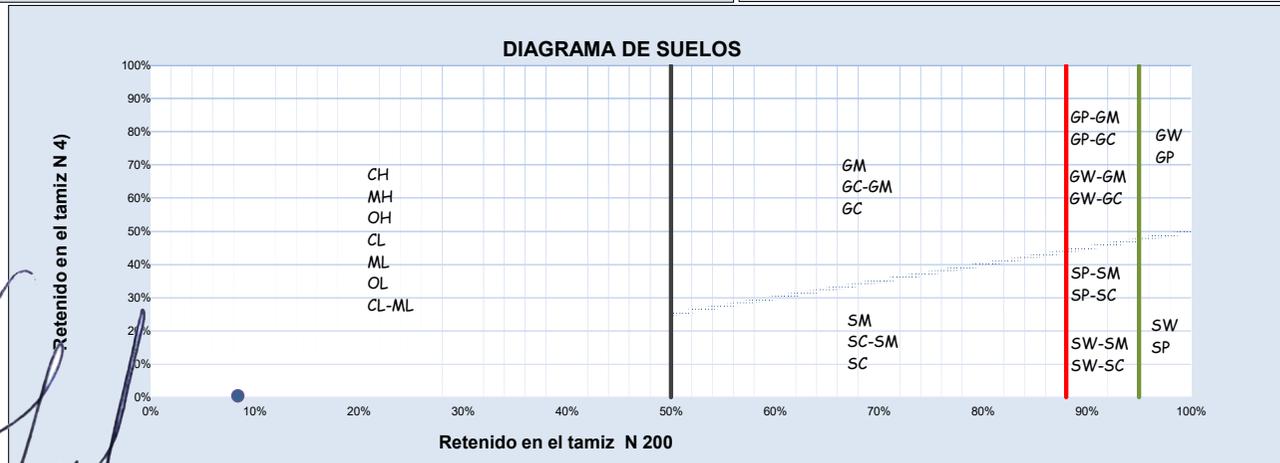
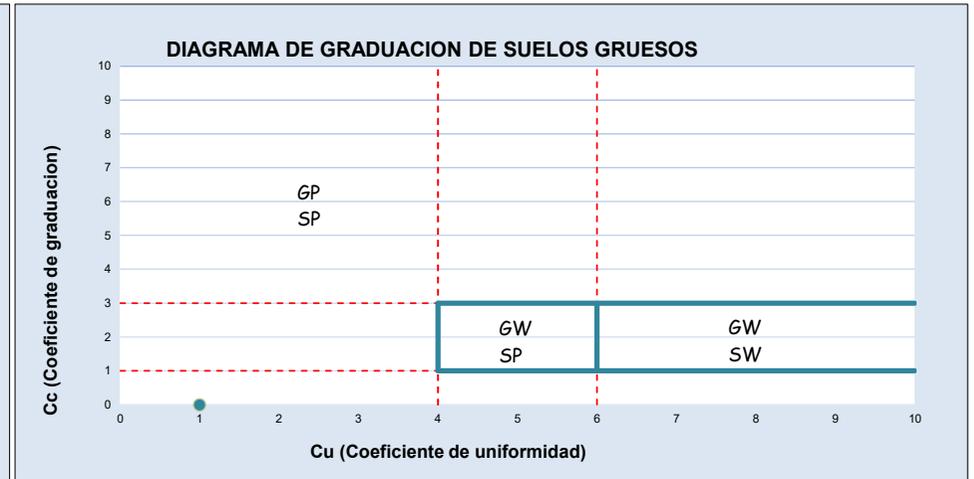
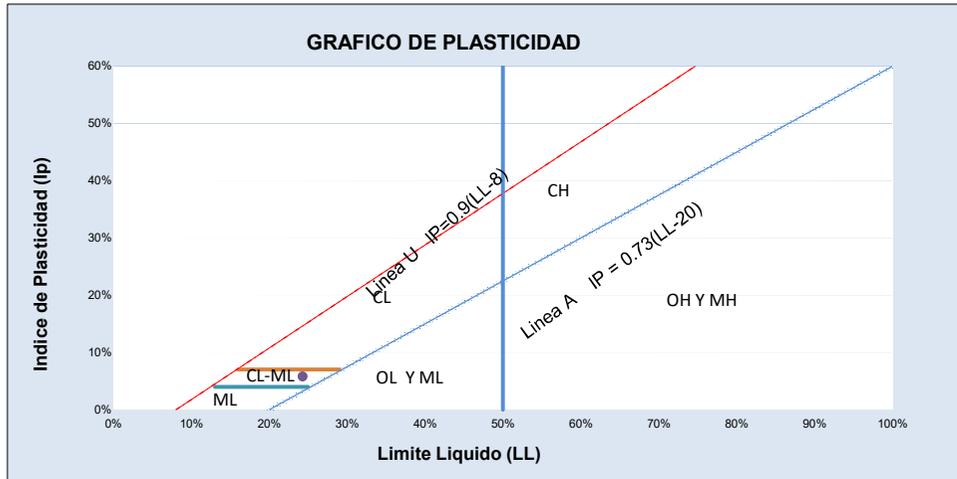
RUC: 20610425098 DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"



ING. JEFFERSON CHARA HOLQUIN CIP. 307704 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MAS Y MAS



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO**

Datos para la clasificación

De la granulometría

% QUE PASA EL TAMIZ N 10= 99.56%

% QUE PASA EL TAMIZ N 40= 98.75%

% QUE PASA EL TAMIZ N 200= 95.22%

De los límites de consistencia

LL= 24.28%

LP= 18.44%

IP= 5.84%

| Clasificación General                                  | Materiales granulares. (35% como máximo de la que pasa el tamiz N° 200) |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  | Materiales de arcilla-limo (más de 35% del total de la muestra que pasa el tamiz N° 200) |                                    |                                    |                       |       |
|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|--|--|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-------|
|  | A-1   |                                      | A-3                                | A-2                                  |                                      |   |  | A-4  | A-5                                | A-6                                | A-7                   |       |
| Clasificación por grupos                               | A-1-a   | A-1-b                                |                                    | A-2-4                                | A-2-5                                | A-2-6                                   | A-2-7                                  |  |                                    |                                    | A-7-5                 |       |
| Análisis por mallas, porcentaje que pasa el tamiz      |   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       | A-7-6 |
| N° 10  | 50%max  |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |       |
| N° 40  | 30%max  | 50%max                               | 51%max                             |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |       |
| N° 200   | 15%max  | 10%max                               | 10%max                             | 35%max                               | 35%max                               | 35%max                                  | 35%max                                 | 36%min   | 36%min                             | 36%min                             | 36%min                |       |
| Características de la fracción que pasa la malla N° 40 |   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |       |
| Límite líquido (LL)                                    |   |                                      |                                    | 40%max                               | 41%min                               | 40%max                                  | 41%min                                 | 40%max   | 41%min                             | 40%max                             | 41%min                |       |
| Índice de plast. (IP)                                  | 6%max   | NP                                   | 10%max                             | 10%max                               | 10%max                               | 11%min                                  | 11%min                                 | 10%max   | 10%max                             | 11%min                             | 11%min                |       |
| Índice del grupo (GI)                                  | 4   | 4                                    | 4                                  | 4                                    | 4                                    | 0                                       | 0                                      | 4  | 4                                  | 4                                  | 4                     |       |
| Clasificación mas GI                                   | A-1-a (4)   | A-1-b (4)                            | A-3 (4)                            | A-2-4 (4)                            | A-2-5 (4)                            | A-2-6 (0)                               | A-2-7 (0)                              | A-4 (4)  | A-5 (4)                            | A-6 (4)                            | A-7-5 (4)             |       |
| Tipo de material                                       | Fragmento de roca, grava y arena  |                                      | Arena fina                         | Gravas y arena limosas o arcillosa   |                                      |   |  | Principalmente suelos limosos  |                                    | Principalmente suelos arcillosos   |                       |       |
| Clasif. De la Subrasante                               | Excelente a buena   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  | Regular a pobre  |                                    |                                    |                       |       |
| Equipo de compactación idoneo                          | Rodillo Liso y Rodillo vibratorio                                       | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Pison impacto y Rodillo vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Pison Impact. | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra   | Rodillo Neumatico, y Pata de cabra | Rodillo Neumatico, y Pata de /abra | Rodillo Pata de cabra |       |

A-4 (4) (AASHTO) = Principalmente partículas finas limosas.



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

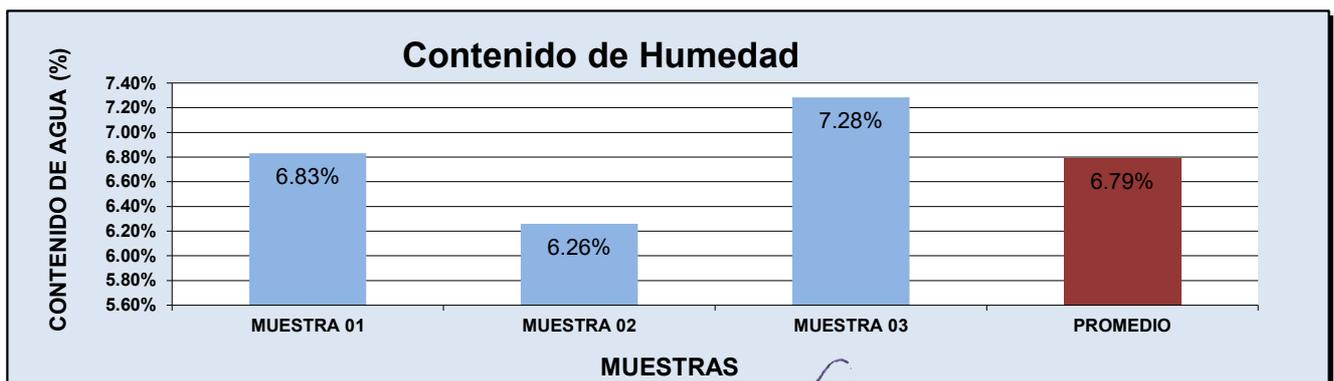
| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-01  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0%    |
| <b>SABILA</b>   | 0%    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)**

|                              | MUESTRA 01   | MUESTRA 02   | MUESTRA 03   | PROMEDIO     |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| PESO DE CAPSULA              | 22.15        | 21.77        | 21.62        |              |
| PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO  | 96.90        | 101.71       | 94.98        |              |
| PESO CAPS + MATERIAL SECO    | 92.12        | 97.00        | 90.00        |              |
| PESO DEL AGUA                | 4.78         | 4.71         | 4.98         |              |
| PESO DEL SUELO SECO          | 69.97        | 75.23        | 68.38        |              |
| <b>CONTENIDO DE AGUA (%)</b> | <b>6.83%</b> | <b>6.26%</b> | <b>7.28%</b> | <b>6.79%</b> |

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = **6.79%**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva  
**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023  
**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificacion SUCS= CL-ML  
Clasificacion ASTTHO= A-4 (4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

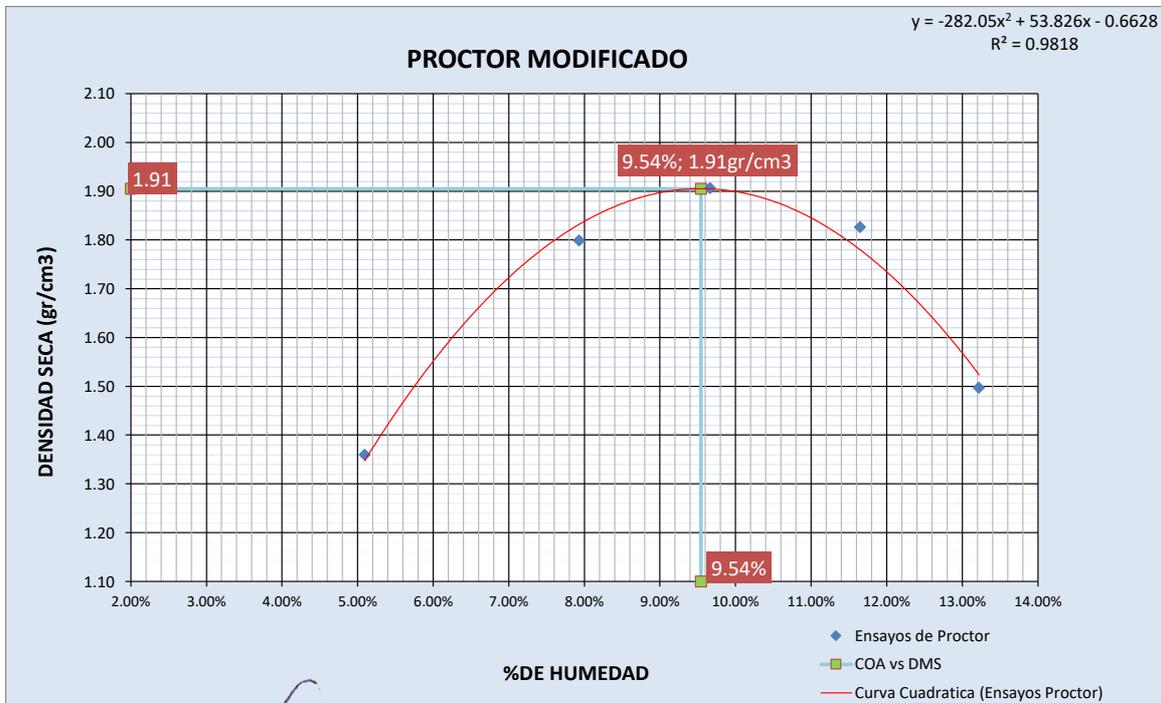
| CALICATA | C-01  |
|----------|-------|
| SUCS     | CL-ML |
| ACEITE   | 0.00% |
| SABILA   | 0.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Diametro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactacion 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5152.0gr               |         | 5635.0gr               |         | 5775.1gr               |         | 5727.0gr               |         | 5403.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1346.0gr               |         | 1829.0gr               |         | 1969.1gr               |         | 1921.0gr               |         | 1597.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.43gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.09gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.04gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.70gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.36gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.80gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.50gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                 | ABAJO   |
| PESO RECIPIENTE                       | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 42.6gr                 | 47.3gr  | 46.0gr                 | 52.6gr  | 54.6gr                 | 53.3gr  | 54.5gr                 | 52.6gr  | 51.1gr                 | 51.9gr  |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 110.5gr                | 104.4gr | 100.6gr                | 103.6gr | 102.3gr                | 113.9gr | 122.6gr                | 103.9gr | 127.2gr                | 121.9gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.3gr                  | 2.8gr   | 4.0gr                  | 3.7gr   | 4.3gr                  | 5.2gr   | 7.0gr                  | 5.5gr   | 9.2gr                  | 7.9gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 64.7gr                 | 54.3gr  | 50.5gr                 | 47.3gr  | 43.4gr                 | 55.4gr  | 61.1gr                 | 45.9gr  | 66.9gr                 | 62.2gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 5.03%                  | 5.16%   | 7.99%                  | 7.87%   | 10.02%                 | 9.31%   | 11.41%                 | 11.88%  | 13.78%                 | 12.66%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 5.09%                  |         | 7.93%                  |         | 9.66%                  |         | 11.65%                 |         | 13.22%                 |         |



DMS = 1.91gr/cm<sup>3</sup>  
CHO = 9.54%



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS  
TRANSITORES



# CONGEOINGC EIRL. CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4 (4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

|          |       |
|----------|-------|
| CALICATA | C-01  |
| SUCS     | CL-ML |
| CEMENTO  | 0.00% |
| POMEZ    | 0.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

### DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11980.0gr              |         | 11550.0gr              |         | 11210.0gr              |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4596.0gr               |         | 4166.0gr               |         | 3826.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.17gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.80gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.99gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.81gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.65gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr                | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 44.84gr                | 66.59gr | 58.37gr                | 64.77gr | 53.62gr                | 65.15gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 42.52gr                | 62.54gr | 55.40gr                | 61.44gr | 50.84gr                | 61.70gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.32gr                 | 4.05gr  | 2.97gr                 | 3.33gr  | 2.78gr                 | 3.45gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 25.28gr                | 45.23gr | 33.26gr                | 39.48gr | 28.68gr                | 39.62gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 9.18%                  | 8.95%   | 8.93%                  | 8.43%   | 9.69%                  | 8.71%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 9.07%                  |         | 8.68%                  |         | 9.20%                  |         |

### PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12040.0gr | 11710.0gr | 11440.0gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 60.0gr    | 160.0gr   | 230.0gr   |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 0.50%     | 1.39%     | 2.05%     |

### DATOS DE ESPONJAMIENTO

| N° DE GOLPES POR CAPA |                 | 56      |               |       | 25      |               |       | 12      |               |       |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|
| MOLDE N°              |                 | 1       |               |       | 2       |               |       | 3       |               |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% |
| 03/12/2023            | 24              | 7.4     | 0.18796       | 0.16% | 10.7    | 0.27178       | 0.23% | 11.9    | 0.30226       | 0.25% |
| 04/12/2023            | 48              | 13.7    | 0.34798       | 0.29% | 17.5    | 0.4445        | 0.37% | 27.8    | 0.70612       | 0.59% |
| 05/12/2023            | 72              | 21.6    | 0.54864       | 0.46% | 27.1    | 0.68834       | 0.57% | 28.0    | 0.7112        | 0.59% |
| 06/12/2023            | 96              | 25.1    | 0.63754       | 0.53% | 40.0    | 1.016         | 0.85% | 41.5    | 1.0541        | 0.88% |

### DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |     |         | 25 GOLPES       |     |         | 12 GOLPES       |     |         |
|---|--|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT |
|   |  | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       |
| 0.025                                   |  | 38.9 Kg         | 29  |         | 22.8 Kg         | 17  |         | 12.0 Kg         | 9   |         |
| 0.050                                   |  | 79.6 Kg         | 58  |         | 50.5 Kg         | 37  |         | 32.5 Kg         | 24  |         |
| 0.075                                   |  | 107.9 Kg        | 79  |         | 77.5 Kg         | 57  |         | 50.3 Kg         | 37  |         |
| 0.100                                   | 1000                                   | 131.7 Kg        | 97  | 7.68%   | 97.7 Kg         | 73  | 7.33%   | 62.0 Kg         | 46  | 4.56%   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 180.8 Kg        | 133 | 8.86%   | 146.1 Kg        | 107 | 7.16%   | 77.3 Kg         | 57  | 3.79%   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 220.0 Kg        | 162 | 8.51%   | 171.0 Kg        | 126 | 6.61%   | 95.8 Kg         | 70  | 3.71%   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 243.8 Kg        | 179 | 7.79%   | 195.8 Kg        | 144 | 6.26%   | 103.0 Kg        | 76  | 3.29%   |
| 0.500                                   | 2600                                   | 261.1 Kg        | 202 | 7.38%   | 212.3 Kg        | 156 | 6.00%   | 108.8 Kg        | 80  | 3.08%   |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VAS TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

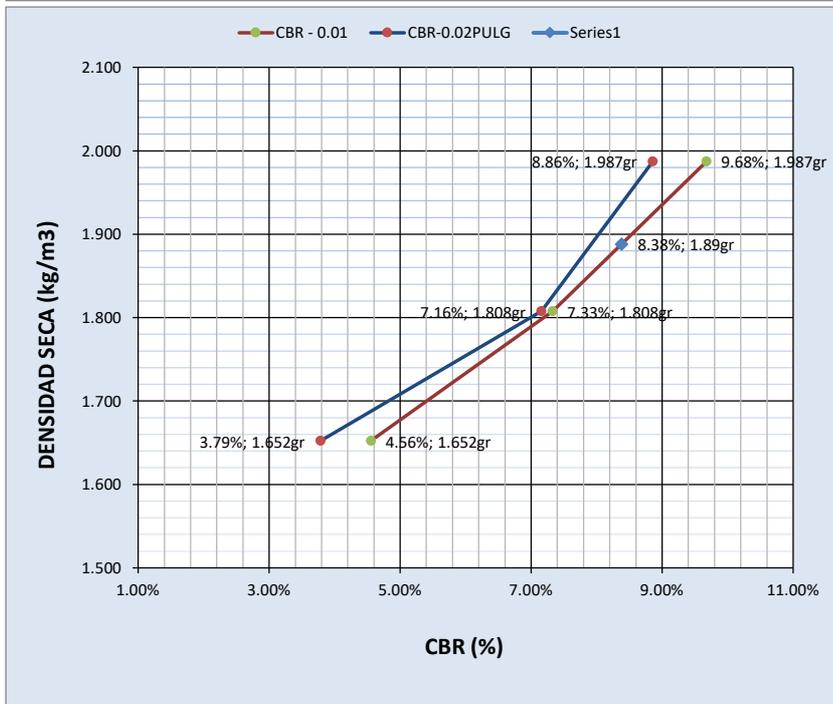
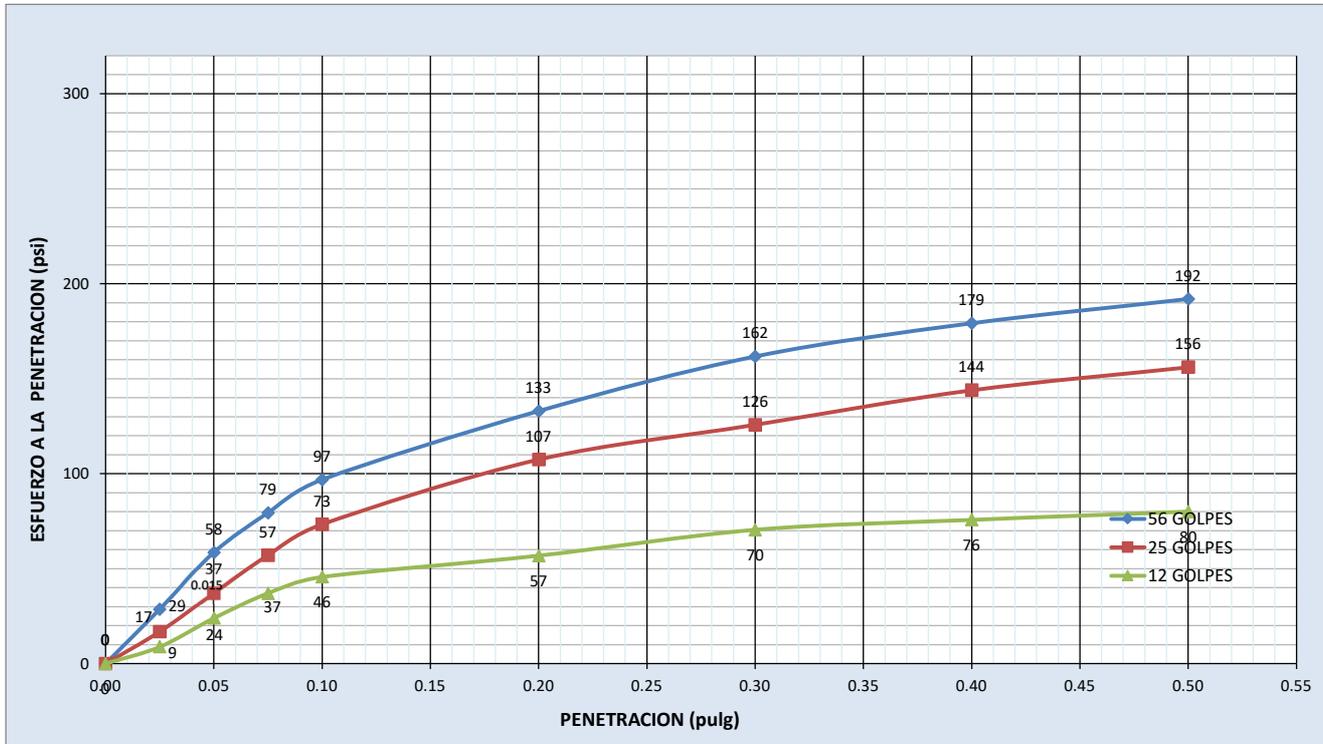
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORSION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLFES | 0.53%       | 0.50%       |
| 25 GOLFES | 0.85%       | 1.39%       |
| 12 GOLFES | 0.88%       | 2.05%       |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m3) | 1.99gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)           | 9.07%  |
| 95% MDS (kg/m3)              | 1.89gr |

|                     |       |                 |
|---------------------|-------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 9.68% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 8.38% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 9.68%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
0

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
**CIP. 307704**  
**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES**



**CONGEOINGC EIRL.**  
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq - Cusco - Cusco

Cel: 921-126-988, 921-992-803



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 183045          | 8503356 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-01  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |    |
|---------------|----|
| <b>ACEITE</b> | 0% |
| <b>SABILA</b> | 0% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    |

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml-cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 6.0 ml                                 | 100.0 ml        | 71.0 ml    | 29.0 ml    | 1.93333                  | 0.0000004 | 0.0000004         | 0.0000008 |
| 2  | 24         | 9.6 ml                                 | 100.0 ml        | 64.0 ml    | 36.0 ml    | 2.40000                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000006 |
| 3  | 48         | 18.0 ml                                | 100.0 ml        | 42.0 ml    | 58.0 ml    | 3.86667                  | 0.0000001 | 0.0000002         | 0.0000006 |
| 4  | 72         | 26.4 ml                                | 100.0 ml        | 22.0 ml    | 78.0 ml    | 5.20000                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |
| 5  | 96         | 42.0 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000007 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



VALOR OBTENIDO **1.05E-07** cm/s

FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:

**MUY BAJA**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VÍAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**

**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

**RUC: 20610425098**

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

**DTO: Suelos**

**PROYECTO / TESIS**

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

**UBICACION**

|              |                      |              |              |             |              |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

**SOLICITANTE**

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
**CIP. 307704**  
**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES**

**EMS PARA CARRETERAS - SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307704)**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, MAYO 2023**

**CALICATA N°02**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

SOLICITANTE: Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigtte Yamileth Fernandez Silva

FECHA: CUSCO, MAYO 2023

UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM  |         |
|------------------|---------|
| X                | Y       |
| 182971           | 8503378 |
| <b>CALICATA</b>  | C-02    |
| <b>SUCS</b>      | CL-ML   |
| <b>CEMENTO</b>   | 0.00%   |
| <b>UBICACIÓN</b> | 0.00%   |

COTA DE TERRENO NATURAL: 3300 m.s.n.m.

COTA DE TERRENO SUBRASANTE: 3300 m.s.n.m.

DESNIVEL: 0.00 m

| Prof.  | ESC | SUCS  | FOTOGRAFIA | Simbologia SUCS | Descripcion SUCS | Observaciones                      |   |
|--------|-----|-------|------------|-----------------|------------------|------------------------------------|---|
| 0.10 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.20 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.30 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.40 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.50 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.60 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.70 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.80 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 0.90 m |     | CL-ML |            |                 |                  | Arcilla limosa de baja plasticidad | MATERIAL COHESIVO DE COLOR MARRON OSCURO CON PRESENCIA DE PEQUEÑAS LAMINACIONES DE ARENA DE COLOR GRIS OSCURO |
| 1.00 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.10 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.20 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.30 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.40 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.50 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |
| 1.60 m |     |       |            |                 |                  |                                    |   |

NO SE DETECTO LA PRESENCIA DE NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VIAS TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| PESO SECO ANTES DE LAVADO   | 279.00 g |
| PESO SECO DESPUES DE LAVADO | 29.68 g  |
| PERDIDA EN PESO             | 249.32 g |

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200**

**EG2013 - CARRETERAS**

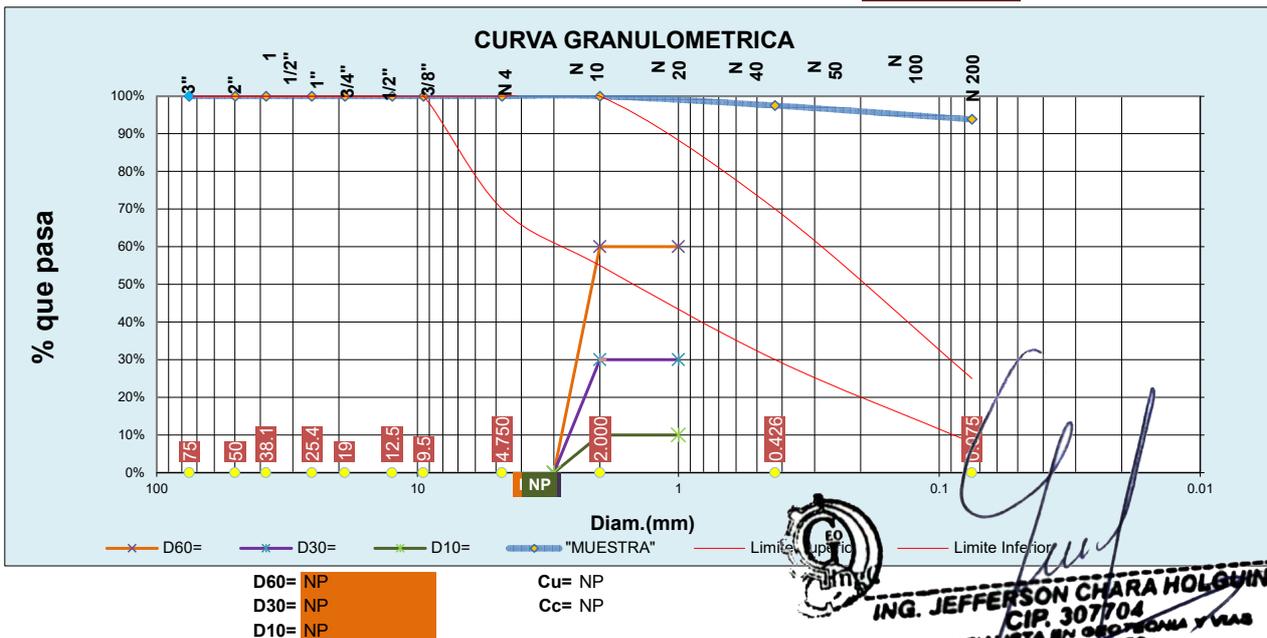
**Gradación D**

| Tamiz N°     | Diam.(mm) | Peso retenido | %retenido      | % retenido acumulado | %que pasa | Limite Superior | Limite Inferior | Cumple?? |
|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------------|-----------|-----------------|-----------------|----------|
| 3 pulg       | 75        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 2 pulg       | 50        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 1 1/2 pulg   | 38.1      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 1 pulg       | 25.4      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 3/4 pulg     | 19        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 1/2 pulg     | 12.5      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 3/8 pulg     | 9.5       | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| N° 4         | 4.750     | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 70.00%          | SI       |
| N° 10        | 2.000     | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 55.00%          | SI       |
| N° 40        | 0.426     | 8.52          | 2.50%          | 2.50%                | 97.50%    | 70.00%          | 30.00%          | NO       |
| N° 200       | 0.075     | 12.56         | 3.68%          | 6.18%                | 93.82%    | 25.00%          | 8.00%           | NO       |
| bandeja      | 0.010     | 320.15        | 93.82%         | 100.00%              | 0.00%     |                 |                 |          |
| <b>TOTAL</b> |           | <b>341.23</b> | <b>100.00%</b> |                      |           |                 |                 |          |

% de gruesos= 6.18%  
% de finos= 93.82%  
% de grava= 0.00%  
% de arena= 6.18%

% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)  
% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 100.00% (Arena)

**METODO DE COMPACTACION A**





**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| PESO SECO ANTES DE LAVADO   | 279.00 g |
| PESO SECO DESPUES DE LAVADO | 29.68 g  |
| PERDIDA EN PESO             | 249.32 g |

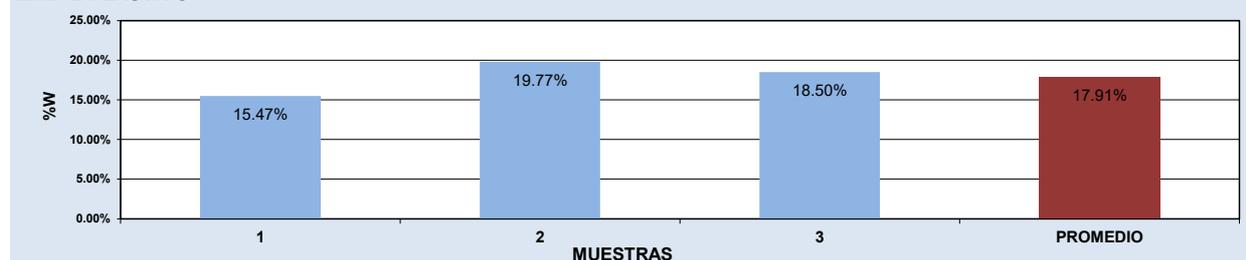
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.52  | 22.83  | 24.54  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 22.80  | 22.03  | 23.51  |               |
| peso de lata(gr)              | 18.15  | 17.99  | 17.95  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 4.65   | 4.04   | 5.56   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 5.37   | 4.84   | 6.59   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.72   | 0.80   | 1.03   |               |
| contenido de humedad          | 15.47% | 19.77% | 18.50% | <b>17.91%</b> |

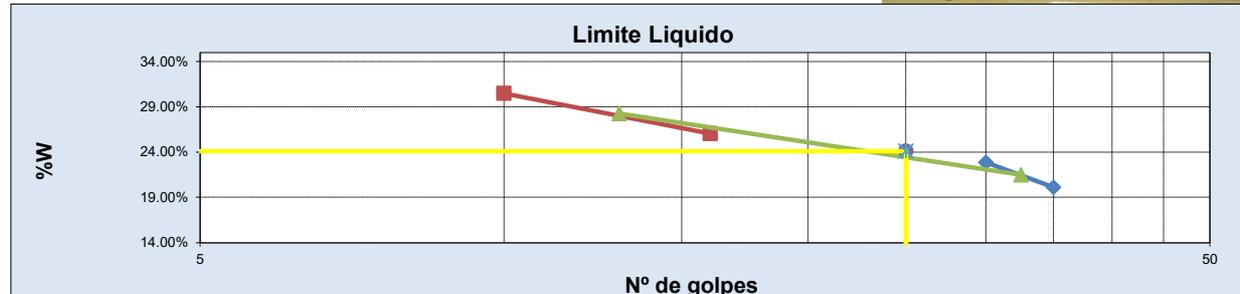


**LIMITE PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 89.30  | 99.24  | 93.90  | 99.26  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 76.58  | 83.29  | 77.29  | 79.24  |
| peso de lata(gr)                | 13.43  | 13.54  | 13.53  | 13.55  |
| peso de suelo seco(gr)          | 63.15  | 69.75  | 63.76  | 65.69  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 75.87  | 85.70  | 80.37  | 85.71  |
| peso de agua(gr)                | 12.72  | 15.95  | 16.61  | 20.02  |
| contenido de humedad            | 20.14% | 22.86% | 26.05% | 30.48% |
| Numero de golpes:N              | 35     | 30     | 16     | 10     |
| LL aproximado                   | 20.98  | 23.37  | 24.68  | 27.28  |



|     |       |
|-----|-------|
| LL= | 24.10 |
| LP= | 17.91 |
| IP= | 6.19  |





**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

**SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)**

**Datos para la clasificación**

**De la granulometría**

% de gruesos= 6.18%  
 % de finos= 93.82% Retenido en malla N 200= 6.18%  
 % de grava= 0.00% Retenido en malla N 4= 0.00%  
 % de arena= 6.18%  
 % de la fracción gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)  
 % de la fracción gruesa pasa la malla N 4= 100.00% (Arena)  
 Cu= NP  
 Cc= NP

**De los límites de consistencia**

LL= 24.10  
 LP= 17.91  
 IP= 6.19

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

| CALICATA | C-02  |
|----------|-------|
| SUCS     | CL-ML |
| ACEITE   | 0.00% |
| SABILA   | 0.00% |

**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487**

| Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio |  | Clasificación de suelos   |                                       |                        |
|--|--|---|---------------------------------------|------------------------|
|  |  | Símbolo de grupo  | Nombre del grupo                      |                        |
| Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200                                 | Gravas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200                                 | Cu ≥ 4 y 1 ≤ Cc ≤ 3   | GW Grava bien graduada                |                        |
|  |  | Cu < 4 y 1 > Cc > 3   | GP Grava mal graduada                 |                        |
|  | Gravas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200                                | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad            | GM Grava limosa                       |                        |
|  |  | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad            | GC Grava arcillosa                    |                        |
|  | Gravas limpias y con finos<br>Entre el 5 y 12% pasa malla No.200                     | Cumple los criterios para GW y GM                                     | GW-GM Grava bien graduada con limo    |                        |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GM                                     | GP-GM Grava mal graduada con limo     |                        |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GC                                     | GP-GC Grava mal graduada con arcilla  |                        |
|  |  | Cumple los criterios para GW y GC                                     | GW-GC Grava bien graduada con arcilla |                        |
|  | Suelos de partículas finas<br>El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4 | Arenas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200                  | Cu ≥ 6 y 1 ≤ Cc ≤ 3                   | SW Arena bien graduada |
|  |  |   | Cu < 6 y 1 > Cc > 3                   | SP Arena mal graduada  |
| Arenas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200  |  | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad            | SM Arena limosa                       |                        |
|  |  | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad            | SC Arena arcillosa                    |                        |
| Arenas limpias y con finos<br>Entre el 5 y 12% pasa malla No.200   |  | Cumple los criterios para SW y SM                                     | SW-SM Arena bien graduada con limo    |                        |
|  |  | Cumple los criterios para SW y SC                                     | SW-SC Arena bien graduada con arcilla |                        |
|  |  | Cumple los criterios para SP y SM                                     | SP-SM Arena mal graduada con limo     |                        |
|  |  | Cumple los criterios para SP y SC                                     | SP-SC Arena mal graduada con arcilla  |                        |
| Limos y arcillas<br>Limite Liquido menor que 50  |  | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" | CL Arcilla de baja plasticidad        |                        |
|  |  | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"  | ML Limo de baja plasticidad           |                        |
|  | Limite liquido - secado al homo < 0.75   | OL Arcilla organica   |                                       |                        |
|  | limite liquido - no secado   | OH Limo organico  |                                       |                        |
| Suelos de partículas finas<br>El 50% o mas pasa la malla No. 200   | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"                | CH Arcilla de alta plasticidad  |                                       |                        |
|  | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"                 | MH Limo de alta plasticidad   |                                       |                        |
|  | Limite liquido - secado al homo < 0.75   | OL Arcilla organica   |                                       |                        |
|  | limite liquido - no secado   | OH Limo organica  |                                       |                        |
| Suelos altamente orgánicos   | Principalmente materia organica de color oscuro                                      | PT  | Turba                                 |                        |

**DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS**

| SUELOS  |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       |   |       |    |           |       |    |                |          |    |    |          |    |    |
|---|----|---------------|-------|-------|-------|-----------|----|-------|---------|----|---------------|-------|---|-------|----|-----------|-------|----|----------------|----------|----|----|----------|----|----|
| GRUESOS<br>MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200 |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       | FINOS<br>MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200 |       |    |           |       |    |                |          |    |    |          |    |    |
| GRAVAS  |    |               |       |       |       | ARENAS    |    |       |         |    |               |       | LIMOS Y ARCILLAS                          |       |    |           |       |    | ORG<br>(Turba) |          |    |    |          |    |    |
| LIMPIAS                                       |    | COMBINACIONES |       |       |       | CON FINOS |    |       | LIMPIAS |    | COMBINACIONES |       |   |       |    | CON FINOS |       |    |                | LL < 50% |    |    | LL > 50% |    |    |
| GW  | GP | GW-GM         | GW-GC | GP-GM | GP-GC | GM        | GC | GC-GM | SW      | SP | SW-SM         | SW-SC | SP-SM                                     | SP-SC | SM | SC        | SC-SM | CL | CL-ML          | ML       | OL | CH | MH       | OH | Pt |
|   |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       |   |       |    |           |       |    |                |          |    |    |          |    |    |

|       |        |   |                                    |
|-------|--------|---|------------------------------------|
| CL-ML | (SUCS) | = | Arcilla limosa de baja plasticidad |
|-------|--------|---|------------------------------------|



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
**CIP. 307704**  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES



CONGEOINGC EIRL. CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

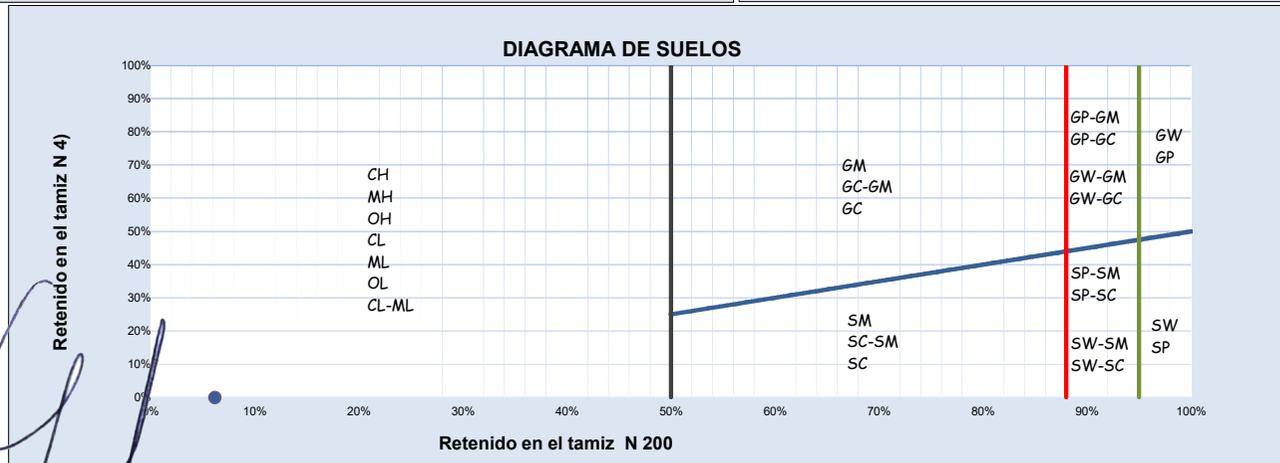
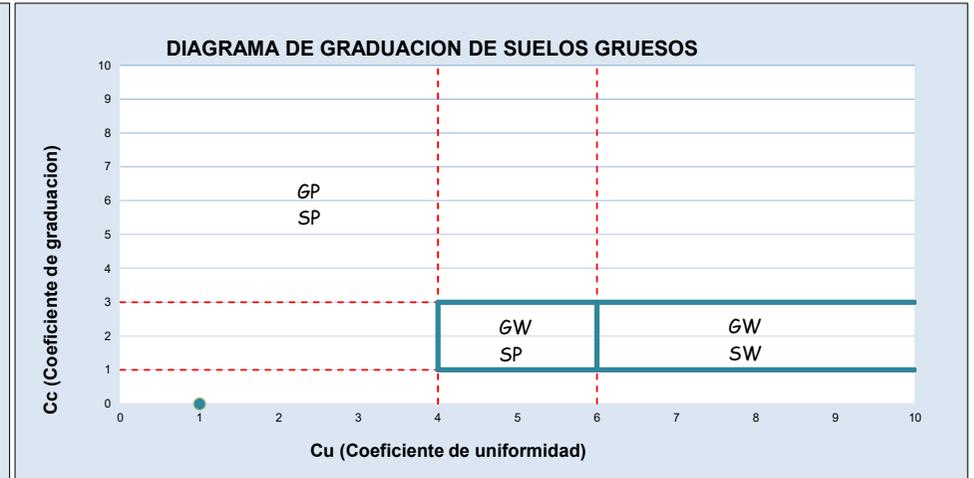
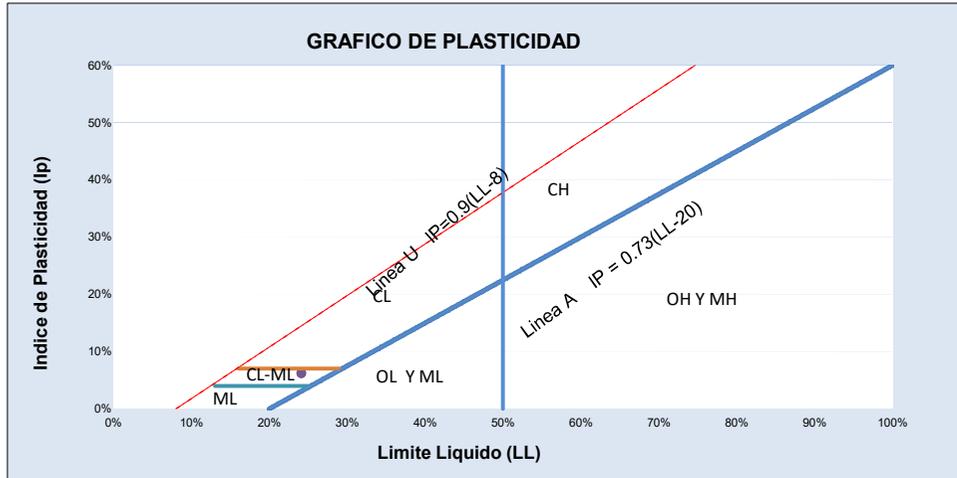
RUC: 20610425098 DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN CIP. 307704 ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y LAS TIERRAS

DERECHOS DE AUTOR RESERVADOS



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO**

Datos para la clasificación

De la granulometría

% QUE PASA EL TAMIZ N 10= 100.00%  
% QUE PASA EL TAMIZ N 40= 100.00%  
% QUE PASA EL TAMIZ N 200= 97.50%

De los límites de consistencia

LL= 24.10%  
LP= 17.91%  
IP= 6.19%

| Clasificación General                                  | Materiales granulares. (35% como máximo de la que pasa el tamiz N° 200) |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  | Materiales de arcilla-limo (más de 35% del total de la muestra que pasa el tamiz N° 200) |                                    |                                    |                       |
|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|--|--|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
|  | A-1   |                                      | A-3                                | A-2                                  |                                      |   |  | A-4  | A-5                                | A-6                                | A-7                   |
| Clasificación por grupos                               | A-1-a   | A-1-b                                |                                    | A-2-4                                | A-2-5                                | A-2-6                                   | A-2-7                                  |  |                                    |                                    | A-7-5                 |
| Análisis por mallas, porcentaje que pasa el tamiz      |   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    | A-7-6                 |
| N° 10  | 50%max  |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |
| N° 40  | 30%max  | 50%max                               | 51%max                             |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |
| N° 200   | 15%max  | 10%max                               | 10%max                             | 35%max                               | 35%max                               | 35%max                                  | 35%max                                 | 36%min   | 36%min                             | 36%min                             | 36%min                |
| Características de la fracción que pasa la malla N° 40 |   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |
| Límite líquido (LL)                                    |   |                                      |                                    | 40%max                               | 41%min                               | 40%max                                  | 41%min                                 | 40%max   | 41%min                             | 40%max                             | 41%min                |
| Índice de plast. (IP)                                  | 6%max   | NP                                   | 10%max                             | 10%max                               | 10%max                               | 11%min                                  | 11%min                                 | 10%max   | 10%max                             | 11%min                             | 11%min                |
| Índice del grupo (GI)                                  | 4   | 4                                    | 4                                  | 4                                    | 4                                    | 0                                       | 0                                      | 4  | 4                                  | 4                                  | 4                     |
| Clasificación mas GI                                   | A-1-a (4)   | A-1-b (4)                            | A-3 (4)                            | A-2-4 (4)                            | A-2-5 (4)                            | A-2-6 (0)                               | A-2-7 (0)                              | A-4 (4)  | A-5 (4)                            | A-6 (4)                            | A-7-5 (4)             |
| Tipo de material                                       | Fragmento de roca, grava y arena  |                                      | Arena fina                         | Gravas y arena limosas o arcillosa   |                                      |   |  | Principalmente suelos limosos  |                                    | Principalmente suelos arcillosos   |                       |
| Clasif. De la Subrasante                               | Excelente a buena   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  | Regular a pobre  |                                    |                                    |                       |
| de<br>comunicación<br>de idoneo                        | Rodillo Liso y Rodillo vibratorio                                       | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Pison impacto y Rodillo vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Pison Impact. | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra   | Rodillo Neumatico, y Pata de cabra | Rodillo Neumatico, y Pata de cabra | Rodillo Pata de cabra |

ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MAS  
TEMAS

A-4 (4) (AASHTO) = Principalmente partículas finas limosas.



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

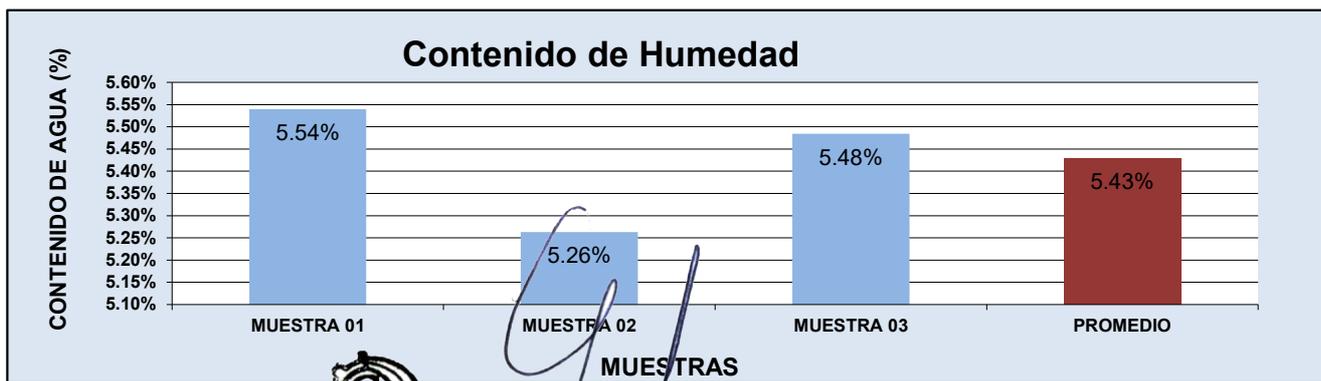
| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|          |       |
|----------|-------|
| CALICATA | C-02  |
| SUCS     | CL-ML |
| ACEITE   | 0%    |
| SABILA   | 0%    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)**

|                             | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | PROMEDIO |
|-----------------------------|------------|------------|------------|----------|
| PESO DE CAPSULA             | 27.90      | 29.42      | 29.42      |          |
| PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO | 122.92     | 115.33     | 125.12     |          |
| PESO CAPS + MATERIAL SECO   | 117.93     | 111.03     | 120.14     |          |
| PESO DEL AGUA               | 4.99       | 4.30       | 4.98       |          |
| PESO DEL SUELO SECO         | 90.03      | 81.61      | 90.72      |          |
| CONTENIDO DE AGUA (%)       | 5.54%      | 5.26%      | 5.48%      | 5.43%    |

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = 5.43%



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VIAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva  
**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023  
**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4 (4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

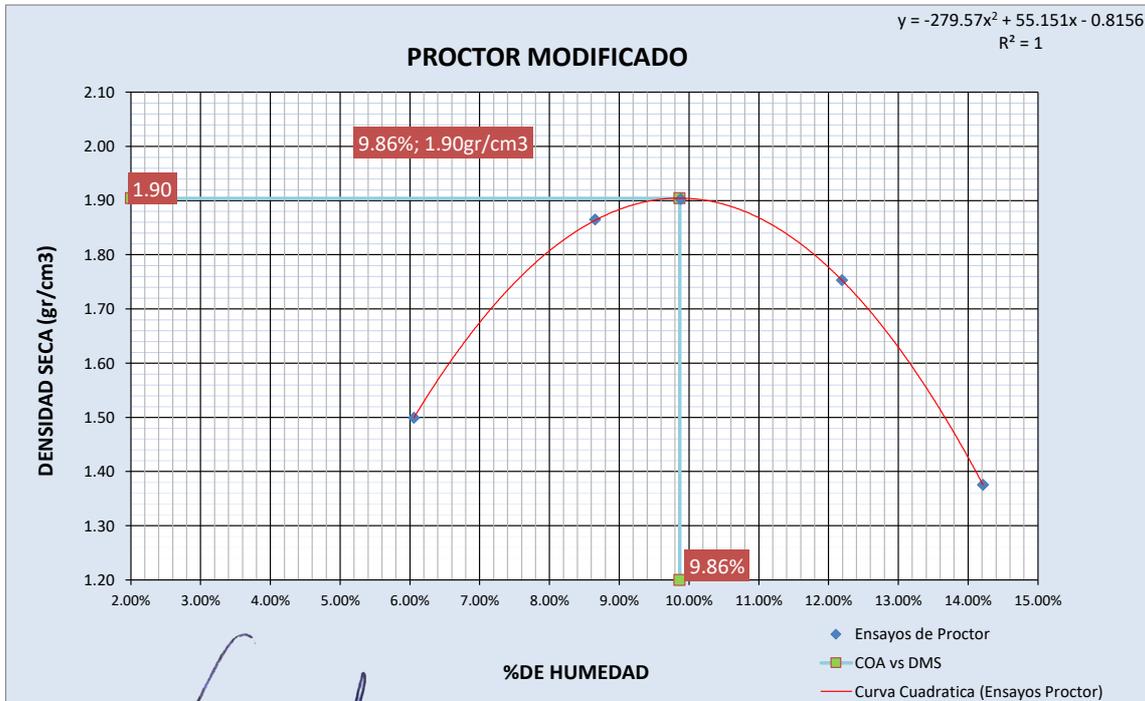
| CALICATA | C-02  |
|----------|-------|
| SUCS     | CL-ML |
| ACEITE   | 0.00% |
| SABILA   | 0.00% |

| METODO                     |  | A                     |
|----------------------------|--|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |  |                       |
| Altura                     |  | 11.62cm               |
| Diametro                   |  | 10.16cm               |
| Volumen                    |  | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       |  | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz |  | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                               | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|--------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| MOLDE N°                             | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                      | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>     |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE      | 5304.0gr               |         | 5715.0gr               |         | 5775.6gr               |         | 5659.0gr               |         | 5286.0gr               |         |
| PESO MOLDE                           | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                  | 1498.0gr               |         | 1909.0gr               |         | 1969.6gr               |         | 1853.0gr               |         | 1480.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)            | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                     | 1.59gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.03gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.09gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.97gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.57gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                        | 1.50gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.87gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.90gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.75gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.38gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>          |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| RECIPIENTE N°                        | ARRIBA                 | ABAJO   |
|                                      | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO RECIPIENTE                      | 43.6gr                 | 45.6gr  | 46.2gr                 | 52.2gr  | 54.4gr                 | 52.6gr  | 53.1gr                 | 50.9gr  | 51.4gr                 | 52.1gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE | 101.1gr                | 109.8gr | 109.0gr                | 101.5gr | 122.4gr                | 124.4gr | 114.3gr                | 116.3gr | 125.8gr                | 118.7gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA + RECIPIENTE | 97.6gr                 | 106.3gr | 104.3gr                | 97.4gr  | 115.9gr                | 118.3gr | 107.4gr                | 109.4gr | 116.4gr                | 110.6gr |
| PESO DE AGUA                         | 3.4gr                  | 3.5gr   | 4.8gr                  | 4.1gr   | 6.4gr                  | 6.1gr   | 6.9gr                  | 6.9gr   | 9.4gr                  | 8.2gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                 | 54.0gr                 | 60.7gr  | 58.0gr                 | 45.2gr  | 61.6gr                 | 65.7gr  | 54.3gr                 | 58.5gr  | 65.1gr                 | 58.5gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                 | 6.37%                  | 5.75%   | 8.19%                  | 9.11%   | 10.47%                 | 9.29%   | 12.63%                 | 11.75%  | 14.45%                 | 13.98%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD           | 6.06%                  |         | 8.65%                  |         | 9.88%                  |         | 12.19%                 |         | 14.21%                 |         |



|       |                        |
|-------|------------------------|
| DMS = | 1.90gr/cm <sup>3</sup> |
| CHO = | 9.86%                  |



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VÍAS  
TRANSPORTES



# CONGEOINGC EIRL.

## CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigyte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4 (4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>CEMENTO</b>  | 0.00% |
| <b>POMEZ</b>    | 0.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

### ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

#### DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11988.0gr              | 11603.0gr              | 11488.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4604.0gr               | 4219.0gr               | 4104.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.17gr/cm <sup>3</sup> | 1.99gr/cm <sup>3</sup> | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> | 1.80gr/cm <sup>3</sup> | 1.76gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 51.24gr                | 50.54gr                | 50.84gr                | 51.60gr | 50.25gr | 51.84gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 96.86gr                | 94.80gr                | 96.21gr                | 88.76gr | 91.19gr | 95.83gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 92.39gr                | 90.54gr                | 92.00gr                | 85.29gr | 87.44gr | 91.80gr |
| PESO DE AGUA                          | 4.47gr                 | 4.26gr                 | 4.21gr                 | 3.47gr  | 3.75gr  | 4.03gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 41.15gr                | 40.00gr                | 41.16gr                | 33.69gr | 37.19gr | 39.96gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 10.86%                 | 10.66%                 | 10.23%                 | 10.29%  | 10.09%  | 10.07%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 10.76%                 |                        | 10.26%                 |         | 10.08%  |         |

#### PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12407.6gr | 12226.1gr | 12356.5gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11988.0gr | 11603.0gr | 11488.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 419.6gr   | 623.1gr   | 868.5gr   |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 3.50%     | 5.37%     | 7.56%     |

#### DATOS DE ESPONJAMIENTO

| N° DE GOLPES POR CAPA |                 | 56            |         |       | 25            |         |       | 12            |         |       |
|-----------------------|-----------------|---------------|---------|-------|---------------|---------|-------|---------------|---------|-------|
| MOLDE N°              |                 | 1             |         |       | 2             |         |       | 3             |         |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | ESPONJAMIENTO |         |       | ESPONJAMIENTO |         |       | ESPONJAMIENTO |         |       |
|                       |                 | DIAL          | mm      | %     | DIAL          | mm      | %     | DIAL          | mm      | %     |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0           | 0       | 0.00% | 0.0           | 0       | 0.00% | 0.0           | 0       | 0.00% |
| 03/12/2023            | 24              | 7.0           | 0.1778  | 0.15% | 10.4          | 0.26416 | 0.22% | 11.9          | 0.30226 | 0.25% |
| 04/12/2023            | 48              | 12.6          | 0.32004 | 0.27% | 17.2          | 0.43688 | 0.36% | 25.2          | 0.64008 | 0.53% |
| 05/12/2023            | 72              | 21.5          | 0.5461  | 0.46% | 25.6          | 0.65024 | 0.54% | 28.0          | 0.7112  | 0.59% |
| 06/12/2023            | 96              | 24.4          | 0.61976 | 0.52% | 36.3          | 0.92202 | 0.77% | 40.6          | 1.03124 | 0.86% |

#### DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |     |       | 25 GOLPES       |     |       | 12 GOLPES       |     |       |
|---|--|-----------------|-----|-------|-----------------|-----|-------|-----------------|-----|-------|
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |     |       | MOLDE N°        |     |       | MOLDE N°        |     |       |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO |     |       | CARGA DE ENSAYO |     |       | CARGA DE ENSAYO |     |       |
|   |  | DIAL            | psi | %     | DIAL            | psi | %     | DIAL            | psi | %     |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0   | 0     | 0.0 Kg          | 0   | 0     | 0.0 Kg          | 0   | 0     |
| 0.025                                   |  | 61.1 Kg         | 45  |       | 47.6 Kg         | 35  |       | 32.6 Kg         | 24  |       |
| 0.050                                   |  | 92.3 Kg         | 68  |       | 73.8 Kg         | 54  |       | 51.8 Kg         | 38  |       |
| 0.075                                   |  | 110.0 Kg        | 81  |       | 89.5 Kg         | 66  |       | 66.5 Kg         | 49  |       |
| 0.100                                   | 1000                                   | 123.4 Kg        | 91  | 9.07% | 103.1 Kg        | 76  | 7.58% | 78.1 Kg         | 57  | 5.74% |
| 0.200                                   | 1500                                   | 143.5 Kg        | 105 | 7.03% | 121.0 Kg        | 89  | 5.93% | 92.0 Kg         | 68  | 4.51% |
| 0.300                                   | 1900                                   | 155.9 Kg        | 115 | 6.03% | 135.0 Kg        | 99  | 5.22% | 108.5 Kg        | 80  | 4.20% |
| 0.400                                   | 2300                                   | 165.8 Kg        | 122 | 5.30% | 141.5 Kg        | 104 | 4.51% | 113.3 Kg        | 83  | 3.62% |
| 0.500                                   | 2600                                   | 175.0 Kg        | 129 | 4.95% | 149.0 Kg        | 110 | 4.23% | 121.0 Kg        | 89  | 3.42% |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

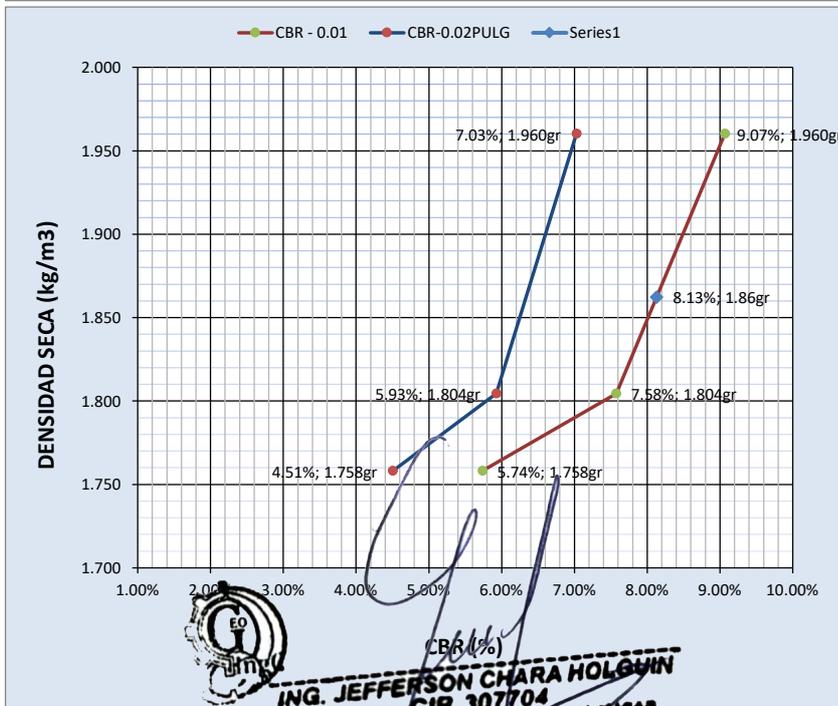
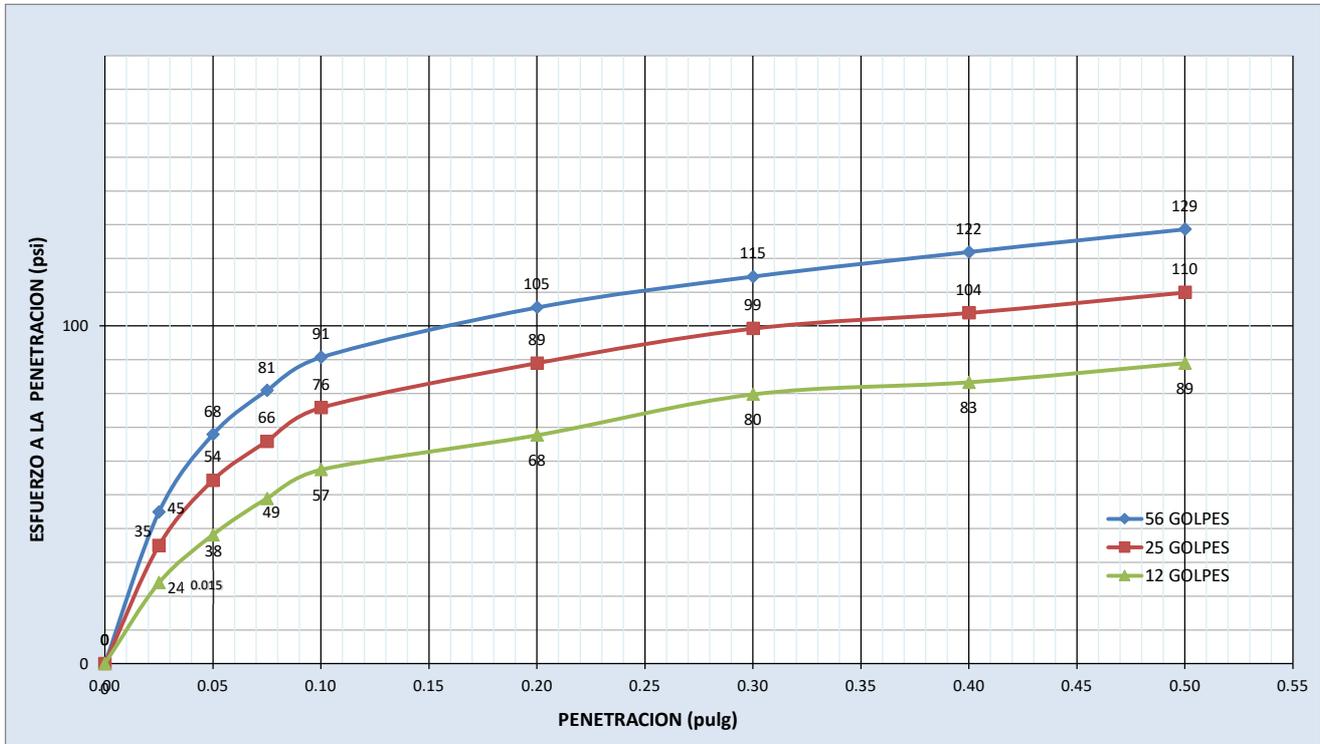
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAL  
TRANSPORTES

**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORSION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLFES | 0.52%       | 3.50%       |
| 25 GOLFES | 0.77%       | 5.37%       |
| 12 GOLFES | 0.86%       | 7.56%       |

|   |        |
|---|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m <sup>3</sup> ) | 1.96gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)                        | 10.76% |
| 95% MDS (kg/m <sup>3</sup> )              | 1.86gr |

|                     |       |                 |
|---------------------|-------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 9.07% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 8.13% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 9.07%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**BUENA**

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"



**CONGEINGC EIRL.**  
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL  
RUC: 20610425098 congeingc@gmail.com - www.congeingc.com  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq - Cusco - Cusco



Cel: 921-126-988, 921-992-803

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |    |
|---------------|----|
| <b>ACEITE</b> | 0% |
| <b>SABILA</b> | 0% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    |

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

ml=cm

Coefficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            |            | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) | Δh (h2-h1) |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 7.3 ml                                 | 100.0 ml        | 74.6 ml    | 25.5 ml    | 1.69667                  | 0.0000005 | 0.0000006         | 0.0000009 |
| 2  | 24         | 11.6 ml                                | 100.0 ml        | 67.2 ml    | 32.8 ml    | 2.18667                  | 0.0000003 | 0.0000004         | 0.0000007 |
| 3  | 48         | 21.8 ml                                | 100.0 ml        | 44.1 ml    | 55.9 ml    | 3.72667                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000007 |
| 4  | 72         | 32.0 ml                                | 100.0 ml        | 23.1 ml    | 76.9 ml    | 5.12667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000007 |
| 5  | 96         | 50.9 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000008 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **1.27E-07** cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:**

**MUY BAJA**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**

**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

**RUC: 20610425098**

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

**DTO: Suelos**

**PROYECTO / TESIS**

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

**UBICACION**

|              |                      |              |              |             |              |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

**SOLICITANTE**

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**

**EMS PARA CARRETERAS - SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307204)  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, MAYO 2023**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307204**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAL  
YERRES**

**PLATA N°03**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

SOLICITANTE: Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

FECHA: CUSCO, MAYO 2023

UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|           |       |
|-----------|-------|
| CALICATA  | C-03  |
| SUCS      | CL-ML |
| CEMENTO   | 0.00% |
| UBICACIÓN | 0.00% |

COTA DE TERRENO NATURAL: 3300 m.s.n.m.

COTA DE TERRENO SUBRASANTE: 3300 m.s.n.m.

DESNIVEL: 0.00 m

| Prof.  | ESC | SUCS  | FOTOGRAFIA | Simbologia SUCS | Descripcion SUCS                   | Observaciones  |
|--------|-----|-------|------------|-----------------|------------------------------------|--|
| 0.10 m |     | Pt    |            |                 | Turba y Suelos Altamente Organicos | MATERIAL ALTAMENTE ORGANICO, CON PRESENCIA DE RAICES DE PLANTAS, ESTE MATERIAL DEBERA SER REMOVIDO, ELIMINADO Y POSTERIORMENTE RELLENADO CON UN NUEVO MATERIAL DE CANTERA (LASTRE). LO SEÑALADO DEPENDERA DEL NIVEL O COTA DE SUBRASANTE |
| 0.20 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.30 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.40 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.50 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.60 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.70 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.80 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 0.90 m |     | CL-ML |            |                 | Arcilla limosa de baja plasticidad | MATERIAL COHESIVO DE COLOR MARRON OSCURO CON PRESENCIA DE PEQUEÑAS LAMINACIONES DE ARENA DE COLOR GRIS OSCURO  |
| 1.00 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.10 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.20 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.30 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.40 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.50 m |     |       |            |                 |                                    |  |
| 1.60 m |     |       |            |                 |                                    |  |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS  
TERRESTRES

NO SE DETECTO LA PRESENCIA DE NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-03  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| PESO SECO ANTES DE LAVADO   | 289.00 g |
| PESO SECO DESPUES DE LAVADO | 32.23 g  |
| PERDIDA EN PESO             | 256.77 g |

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200**

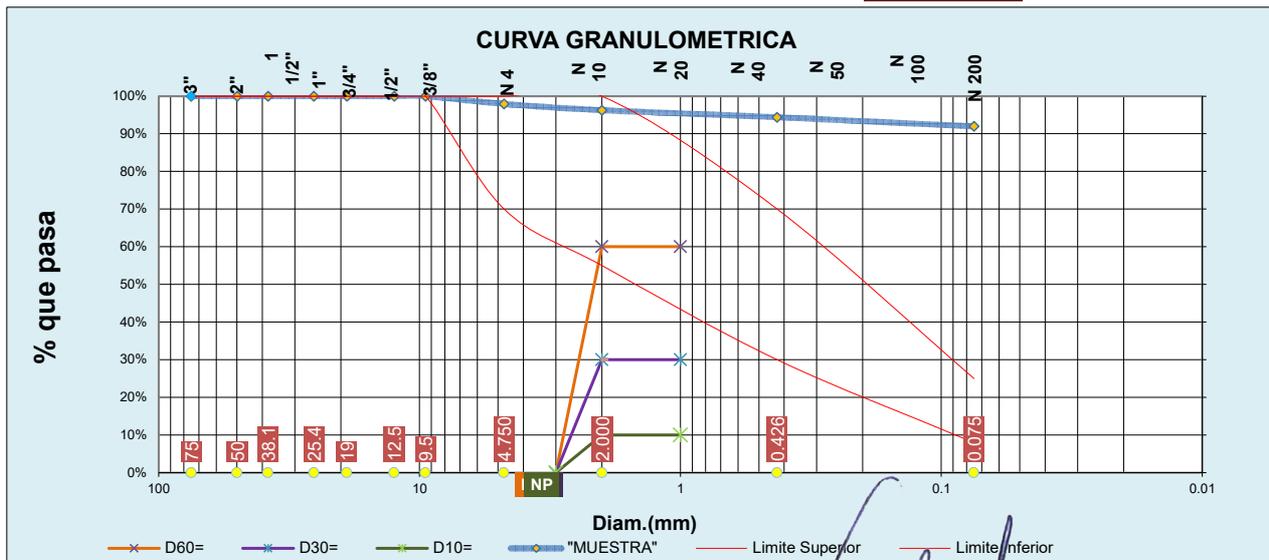
MANUAL DE PAVIMENTOS URBANOS CE010

| Tamiz N°     | Diam.(mm) | Peso retenido | %retenido      | % retenido acumulado | %que pasa | Gradación D     |                 |          |
|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------------|-----------|-----------------|-----------------|----------|
|              |           |               |                |                      |           | Limite Superior | Limite Inferior | Cumple?? |
| 3 pulg       | 75        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 2 pulg       | 50        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 1 1/2 pulg   | 38.1      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 1 pulg       | 25.4      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 3/4 pulg     | 19        | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 1/2 pulg     | 12.5      | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| 3/8 pulg     | 9.5       | 0.00          | 0.00%          | 0.00%                | 100.00%   | 100.00%         | 100.00%         | SI       |
| N° 4         | 4.750     | 10.33         | 2.05%          | 2.05%                | 97.95%    | 100.00%         | 70.00%          | SI       |
| N° 10        | 2.000     | 8.45          | 1.68%          | 3.73%                | 96.27%    | 100.00%         | 55.00%          | SI       |
| N° 40        | 0.426     | 9.44          | 1.87%          | 5.60%                | 94.40%    | 70.00%          | 30.00%          | NO       |
| N° 200       | 0.075     | 12.23         | 2.43%          | 8.03%                | 91.97%    | 25.00%          | 8.00%           | NO       |
| bandeja      | 0.010     | 463.33        | 91.97%         | 100.00%              | 0.00%     |                 |                 |          |
| <b>TOTAL</b> |           | <b>503.78</b> | <b>100.00%</b> |                      |           |                 |                 |          |

% de gruesos= 8.03%  
% de finos= 91.97%  
% de grava= 2.05%  
% de arena= 5.98%

% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 25.54% (Grava)  
% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 74.46% (Arena)

METODO DE COMPACTACION **A**



D60= NP  
D30= NP  
D10= NP

Cu= NP  
Cc= NP



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-03  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0.00% |
| <b>SABILA</b>   | 0.00% |

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| PESO SECO ANTES DE LAVADO   | 289.00 g |
| PESO SECO DESPUES DE LAVADO | 32.23 g  |
| PERDIDA EN PESO             | 256.77 g |

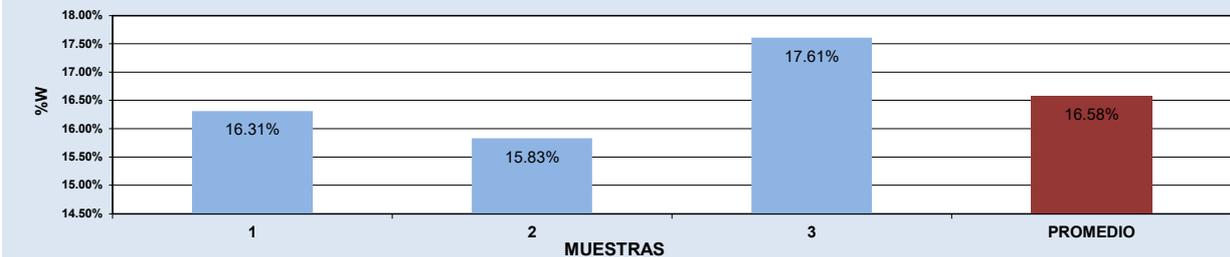
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.13  | 22.70  | 24.20  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 22.46  | 22.08  | 23.26  |               |
| peso de lata(gr)              | 18.33  | 18.16  | 17.93  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 4.13   | 3.92   | 5.33   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 4.80   | 4.54   | 6.27   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.67   | 0.62   | 0.94   |               |
| contenido de humedad          | 16.31% | 15.83% | 17.61% | <b>16.58%</b> |

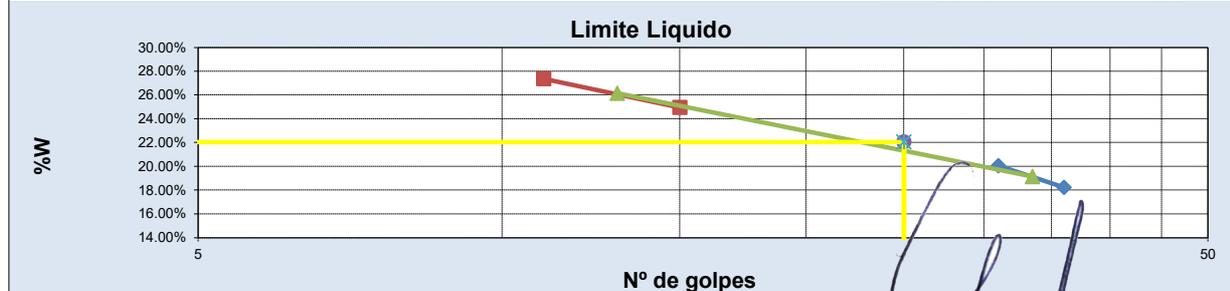


**LIMITE PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 98.28  | 100.61 | 102.12 | 102.32 |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 85.20  | 86.06  | 84.42  | 83.24  |
| peso de lata(gr)                | 13.45  | 13.55  | 13.44  | 13.53  |
| peso de suelo seco(gr)          | 71.75  | 72.51  | 70.98  | 69.71  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 84.83  | 87.06  | 88.68  | 88.79  |
| peso de agua(gr)                | 13.08  | 14.55  | 17.70  | 19.08  |
| contenido de humedad            | 18.24% | 20.06% | 24.94% | 27.37% |
| Numero de golpes:N              | 36     | 31     | 15     | 11     |
| LL aproximado                   | 19.06  | 20.59  | 23.45  | 24.78  |



|     |       |
|-----|-------|
| LL= | 22.05 |
| LP= | 16.58 |
| IP= | 5.47  |



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VAS  
FERRETERAS



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

**SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)**

**Datos para la clasificación**

**De la granulometria**

% de gruesos= 8.03%

% de finos= 91.97%

% de grava= 2.05%

% de arena= 5.98%

% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 25.54% (Grava)

% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 74.46% (Arena)

Cu= NP

Cc= NP

**De los limites de consistencia**

LL= 22.05

LP= 16.58

IP= 5.47

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

| CALICATA | C-03  |
|----------|-------|
| SUCS     | CL-ML |
| ACEITE   | 0.00% |
| SABILA   | 0.00% |

**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487**

| Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio |  | Clasificación de suelos  |   |                                |
|--|--|--|---|--------------------------------|
|  |  | Símbolo de grupo   | Nombre del grupo  |                                |
| Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200                                 | Gravas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200                                 | Cu ≥ 4 y 1 ≤ Cc ≤ 3  | GW Grava bien graduada  |                                |
|  |  | Cu < 4 y 1 > Cc > 3  | GP Grava mal graduada   |                                |
|  | Gravas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200                                | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad           | GM Grava limosa   |                                |
|  |  | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad           | GC Grava arcillosa  |                                |
|  |  | Cumple los criterios para GW y GM                                    | GW-GM Grava bien graduada con limo                                    |                                |
|  |  | Cumple los criterios para GW y GC                                    | GW-GC Grava bien graduada con arcilla                                 |                                |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GM                                    | GP-GM Grava mal graduada con limo                                     |                                |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GC                                    | GP-GC Grava mal graduada con arcilla                                  |                                |
|  | Suelos de partículas finas<br>El 50% o mas de la fraccion gruesa pasa la malla No. 4 | Arenas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200                 | Cu ≥ 6 y 1 ≤ Cc ≤ 3   | SW Arena bien graduada         |
|  |  |  | Cu < 6 y 1 > Cc > 3   | SP Arena mal graduada          |
| Arenas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200  |  | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad           | SM Arena limosa   |                                |
|  |  | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad           | SC Arena arcillosa  |                                |
|  |  | Cumple los criterios para SW y SM                                    | SW-SM Arena bien graduada con limo                                    |                                |
|  |  | Cumple los criterios para SW y SC                                    | SW-SC Arena bien graduada con arcilla                                 |                                |
|  |  | Cumple los criterios para SP y SM                                    | SP-SM Arena mal graduada con limo                                     |                                |
|  |  | Cumple los criterios para SP y SC                                    | SP-SC Arena mal graduada con arcilla                                  |                                |
| Suelos de partículas finas<br>El 50% o mas pasa la malla No. 200   |  | Limos y arcillas<br>Limite Liquido menor que 50                      | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" | CL Arcilla de baja plasticidad |
|  |  |  | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"  | ML Limo de baja plasticidad    |
|  |  | Limite liquido - secado al homo < 0.75                               | OL Arcilla organica   |                                |
|  |  | limite liquido - no secado   | OH Limo organico  |                                |
|  | Limos y arcillas<br>Limite Liquido mayor que 50                                      | Inorganicos  | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" | CH Arcilla de alta plasticidad |
|  |  | Inorganicos  | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"  | MH Limo de alta plasticidad    |
| Suelos altamente organicos   | Organicos  | Limite liquido - secado al homo < 0.75<br>limite liquido - no secado | OH Arcilla organica<br>Limo organica                                  |                                |
| Suelos altamente organicos   |  | Principalmente materia organica de color oscuro                      | PT Turba  |                                |

**DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS**

| SUELOS  |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       |   |       |    |           |       |    |                |          |    |    |          |    |    |
|---|----|---------------|-------|-------|-------|-----------|----|-------|---------|----|---------------|-------|---|-------|----|-----------|-------|----|----------------|----------|----|----|----------|----|----|
| GRUESOS<br>MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200 |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       | FINOS<br>MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200 |       |    |           |       |    |                |          |    |    |          |    |    |
| GRAVAS  |    |               |       |       |       | ARENAS    |    |       |         |    |               |       | LIMOS Y ARCILLAS                          |       |    |           |       |    | ORG<br>(Turba) |          |    |    |          |    |    |
| LIMPIAS                                       |    | COMBINACIONES |       |       |       | CON FINOS |    |       | LIMPIAS |    | COMBINACIONES |       |   |       |    | CON FINOS |       |    |                | LL < 50% |    |    | LL > 50% |    |    |
| GW  | GP | GW-GM         | GW-GC | GP-GM | GP-GC | GM        | GC | GC-GM | SW      | SP | SW-SM         | SW-SC | SP-SM                                     | SP-SC | SM | SC        | SC-SM | CL | CL-ML          | ML       | OL | CH | MH       | OH | Pt |

|       |        |   |                                    |
|-------|--------|---|------------------------------------|
| CL-ML | (SUCS) | = | Arcilla limosa de baja plasticidad |
|-------|--------|---|------------------------------------|



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN OROLOGIA Y LAS  
TIERRAS



CONGEOINGC EIRL. CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

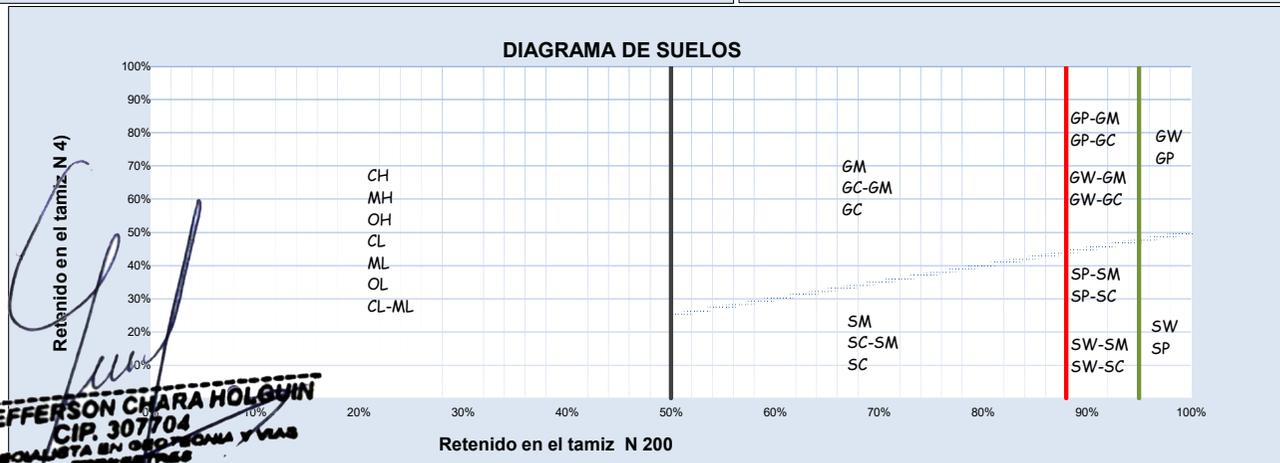
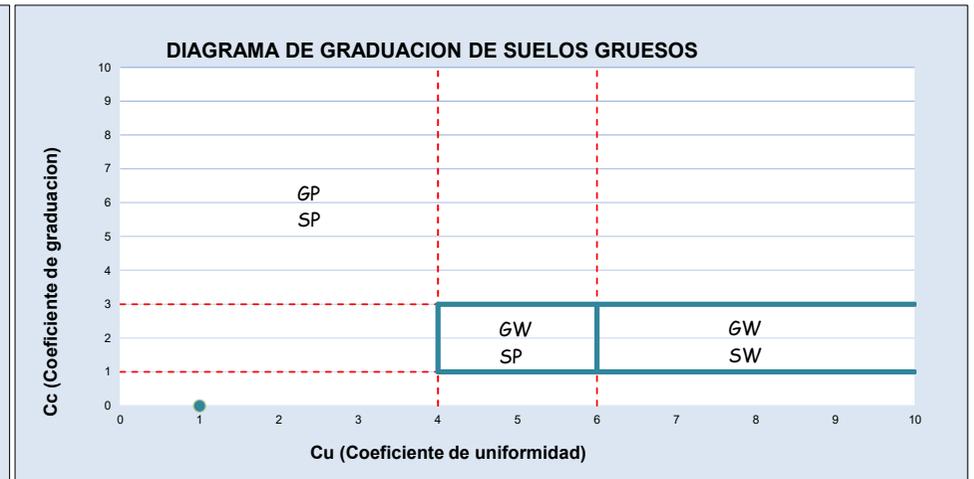
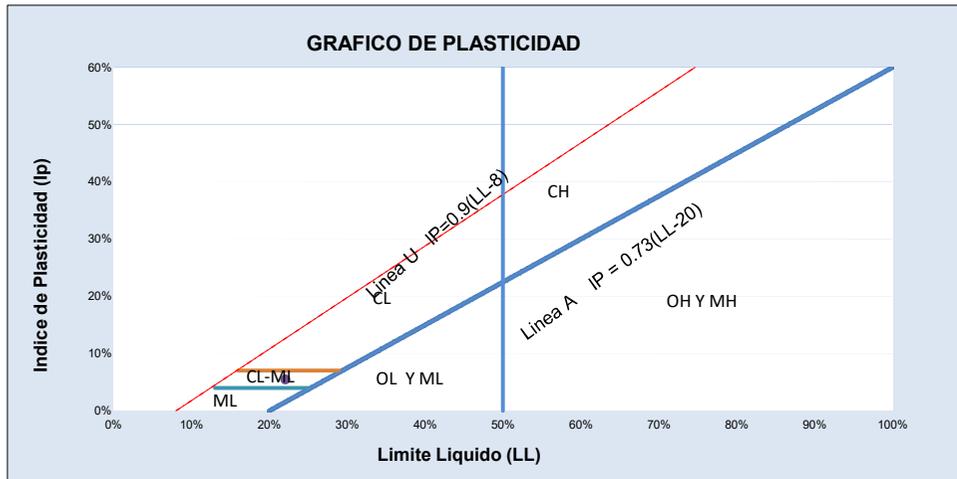
RUC: 20610425098 DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN CIP. 307704 ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VIAS TERRAPLENES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO**

**Datos para la clasificación**

**De la granulometría**

% QUE PASA EL TAMIZ N 10= 97.95%  
% QUE PASA EL TAMIZ N 40= 96.27%  
% QUE PASA EL TAMIZ N 200= 94.40%

**De los límites de consistencia**

LL= 22.05%  
LP= 16.58%  
IP= 5.47%

| Clasificación General                                  | Materiales granulares. (35% como máximo de la que pasa el tamiz N° 200) |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  | Materiales de arcilla-limo (más de 35% del total de la muestra que pasa el tamiz N° 200) |                                    |                                    |                       |        |
|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|--|--|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|--------|
|  | A-1   |                                      | A-3                                | A-2                                  |                                      |   |  | A-4  | A-5                                | A-6                                | A-7                   |        |
| Clasificación por grupos                               | A-1-a   | A-1-b                                |                                    | A-2-4                                | A-2-5                                | A-2-6                                   | A-2-7                                  |  |                                    |                                    | A-7-5                 |        |
| Análisis por mallas, porcentaje que pasa el tamiz      |   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       | A-7-6  |
| N° 10  | 50%max  |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |        |
| N° 40  | 30%max  | 50%max                               | 51%max                             |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |        |
| N° 200   | 15%max  | 10%max                               | 10%max                             | 35%max                               | 35%max                               | 35%max                                  | 35%max                                 | 36%min   | 36%min                             | 36%min                             | 36%min                |        |
| Características de la fracción que pasa la malla N° 40 |   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  |  |                                    |                                    |                       |        |
| Límite líquido (LL)                                    |   |                                      |                                    | 40%max                               | 41%min                               | 40%max                                  | 41%min                                 | 40%max   | 41%min                             | 40%max                             | 41%min                | 41%min |
| Índice de plast. (IP)                                  | 6%max   | NP                                   | 10%max                             | 10%max                               | 10%max                               | 11%min                                  | 11%min                                 | 10%max   | 10%max                             | 11%min                             | 11%min                | 11%min |
| Índice del grupo (GI)                                  | 3   | 3                                    | 3                                  | 3                                    | 3                                    | 0                                       | 0                                      | 3  | 3                                  | 3                                  | 3                     | 3      |
| Clasificación mas GI                                   | A-1-a (3)   | A-1-b (3)                            | A-3 (3)                            | A-2-4 (3)                            | A-2-5 (3)                            | A-2-6 (0)                               | A-2-7 (0)                              | A-4 (3)  | A-5 (3)                            | A-6 (3)                            | A-7-5 (3)             |        |
| Tipo de material                                       | Fragmento de roca, grava y arena  |                                      | Arena fina                         | Gravas y arena limosas o arcillosa   |                                      |   |  | Principalmente suelos limosos  |                                    | Principalmente suelos arcillosos   |                       |        |
| Clasif. De la Subrasante                               | Excelente a buena   |                                      |                                    |                                      |                                      |   |  | Regular a pobre  |                                    |                                    |                       |        |
| Equipo de compactación idoneo                          | Rodillo Liso y Rodillo vibratorio                                       | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Pison impacto y Rodillo vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio | Rodillo Neumatico, Liso y Pison Impact. | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra | Rodillo Neumatico, Liso y Pata e cabra   | Rodillo Neumatico, y Pata de cabra | Rodillo Neumatico, y Pata de cabra | Rodillo Pata de cabra |        |

**A-4 (3) (AASHTO) = Principalmente partículas finas limosas.**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

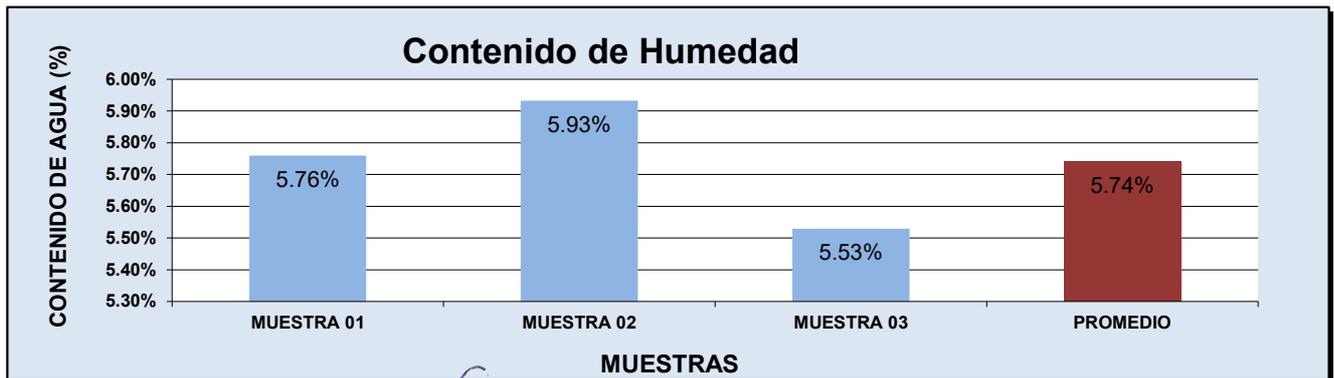
| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-03  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>ACEITE</b>   | 0%    |
| <b>SABILA</b>   | 0%    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)**

|                             | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | PROMEDIO |
|-----------------------------|------------|------------|------------|----------|
| PESO DE CAPSULA             | 27.50      | 28.84      | 28.40      |          |
| PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO | 117.03     | 120.50     | 128.23     |          |
| PESO CAPS + MATERIAL SECO   | 112.15     | 115.37     | 123.00     |          |
| PESO DEL AGUA               | 4.88       | 5.13       | 5.23       |          |
| PESO DEL SUELO SECO         | 84.65      | 86.53      | 94.60      |          |
| CONTENIDO DE AGUA (%)       | 5.76%      | 5.93%      | 5.53%      | 5.74%    |

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = 5.74%



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4 (3)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

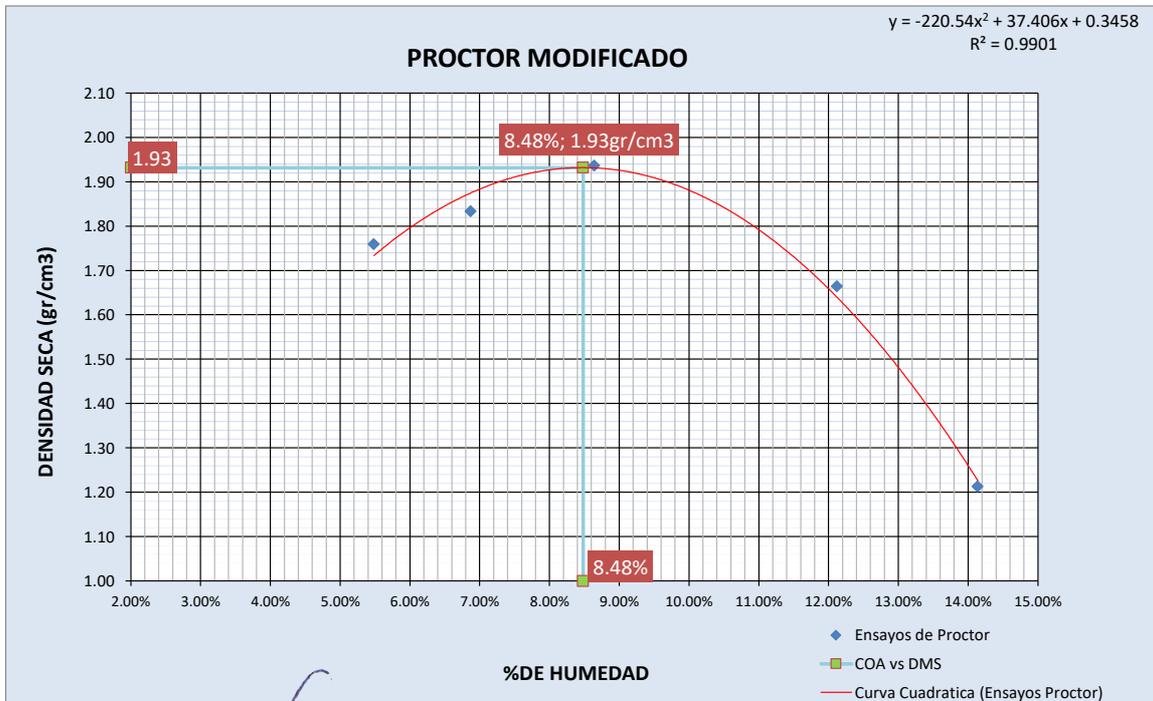
| CALICATA |       |
|----------|-------|
| SUCS     | CL-ML |
| ACEITE   | 0.00% |
| SABILA   | 0.00% |

| METODO                     |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |
| Altura                     | 11.62cm               |
| Diametro                   | 10.16cm               |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
|                                       | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| MOLDE N°                              | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5554.0gr               |         | 5652.0gr               |         | 5788.0gr               |         | 5564.0gr               |         | 5110.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1748.0gr               |         | 1846.0gr               |         | 1982.0gr               |         | 1758.0gr               |         | 1304.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.86gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.10gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.87gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.38gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.76gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.66gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.21gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                 | ABAJO   |
| PESO RECIPIENTE                       | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 43.6gr                 | 45.6gr  | 46.2gr                 | 52.2gr  | 54.4gr                 | 52.6gr  | 53.1gr                 | 50.9gr  | 51.4gr                 | 52.1gr  |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 101.1gr                | 109.1gr | 108.2gr                | 100.5gr | 121.2gr                | 124.0gr | 114.2gr                | 116.3gr | 125.7gr                | 118.7gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 97.6gr                 | 106.3gr | 104.3gr                | 97.4gr  | 115.9gr                | 118.3gr | 107.4gr                | 109.4gr | 116.4gr                | 110.6gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.4gr                  | 2.8gr   | 4.0gr                  | 3.1gr   | 5.3gr                  | 5.7gr   | 6.8gr                  | 6.9gr   | 9.3gr                  | 8.2gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 54.0gr                 | 60.7gr  | 58.0gr                 | 45.2gr  | 61.6gr                 | 65.7gr  | 54.3gr                 | 58.5gr  | 65.1gr                 | 58.5gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 6.37%                  | 4.60%   | 6.83%                  | 6.90%   | 8.59%                  | 8.70%   | 12.44%                 | 11.79%  | 14.29%                 | 13.98%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 5.48%                  |         | 6.87%                  |         | 8.64%                  |         | 12.12%                 |         | 14.14%                 |         |



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
INGENIERO EN GEOTECNIA Y VIAS  
TERRESTRES



**CONGOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congoingc@gmail.com - www.congoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigyte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4 (3)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-03  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |
| <b>CEMENTO</b>  | 0.00% |
| <b>POMEZ</b>    | 0.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11946.0gr              | 11564.0gr              | 11444.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4562.0gr               | 4180.0gr               | 4060.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.15gr/cm <sup>3</sup> | 1.97gr/cm <sup>3</sup> | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.98gr/cm <sup>3</sup> | 1.82gr/cm <sup>3</sup> | 1.77gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 51.24gr                | 50.54gr                | 50.84gr                | 51.60gr | 50.25gr | 51.84gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 91.70gr                | 94.65gr                | 92.81gr                | 90.53gr | 91.97gr | 95.55gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 88.44gr                | 91.19gr                | 89.58gr                | 87.45gr | 88.85gr | 92.29gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.26gr                 | 3.46gr                 | 3.23gr                 | 3.08gr  | 3.12gr  | 3.26gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 37.20gr                | 40.65gr                | 38.74gr                | 35.85gr | 38.60gr | 40.45gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 8.76%                  | 8.52%                  | 8.33%                  | 8.58%   | 8.08%   | 8.06%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 8.64%                  |                        | 8.46%                  |         | 8.07%   |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12284.1gr | 12212.7gr | 12279.4gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11946.0gr | 11564.0gr | 11444.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 338.1gr   | 648.7gr   | 835.4gr   |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.83%     | 5.61%     | 7.30%     |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

| N° DE GOLPES POR CAPA |                 | 56            |         |       | 25            |         |       | 12            |         |       |
|-----------------------|-----------------|---------------|---------|-------|---------------|---------|-------|---------------|---------|-------|
| MOLDE N°              |                 | 1             |         |       | 2             |         |       | 3             |         |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | ESPONJAMIENTO |         |       | ESPONJAMIENTO |         |       | ESPONJAMIENTO |         |       |
|                       |                 | DIAL          | mm      | %     | DIAL          | mm      | %     | DIAL          | mm      | %     |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0           | 0       | 0.00% | 0.0           | 0       | 0.00% | 0.0           | 0       | 0.00% |
| 03/12/2023            | 24              | 7.3           | 0.18542 | 0.15% | 10.6          | 0.26924 | 0.22% | 12.4          | 0.31496 | 0.26% |
| 04/12/2023            | 48              | 12.8          | 0.32512 | 0.27% | 17.2          | 0.43688 | 0.36% | 26.1          | 0.66294 | 0.55% |
| 05/12/2023            | 72              | 21.6          | 0.54864 | 0.46% | 25.7          | 0.65278 | 0.54% | 29.0          | 0.7366  | 0.61% |
| 06/12/2023            | 96              | 24.9          | 0.63246 | 0.53% | 36.4          | 0.92456 | 0.77% | 41.5          | 1.0541  | 0.88% |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

| 1 kg=2.20462262000000 lb |                            | 56 GOLPES       |     |       | 25 GOLPES       |     |       | 12 GOLPES       |     |       |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|-----|-------|-----------------|-----|-------|-----------------|-----|-------|
| PENETRACION EN PULGADAS  | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | MOLDE N°        |     |       | MOLDE N°        |     |       | MOLDE N°        |     |       |
|                          |                            | CARGA DE ENSAYO |     |       | CARGA DE ENSAYO |     |       | CARGA DE ENSAYO |     |       |
|                          |                            | DIAL            | psi | %     | DIAL            | psi | %     | DIAL            | psi | %     |
| 0                        |                            | 0.0 Kg          | 0   | 0     | 0.0 Kg          | 0   | 0     | 0.0 Kg          | 0   | 0     |
| 0.025                    |                            | 50.9 Kg         | 37  |       | 37.4 Kg         | 27  |       | 22.4 Kg         | 16  |       |
| 0.050                    |                            | 86.1 Kg         | 63  |       | 67.6 Kg         | 50  |       | 45.6 Kg         | 34  |       |
| 0.075                    |                            | 114.7 Kg        | 84  |       | 94.2 Kg         | 69  |       | 71.2 Kg         | 52  |       |
| 0.100                    | 1000                       | 128.8 Kg        | 95  | 9.47% | 108.5 Kg        | 80  | 7.97% | 83.5 Kg         | 61  | 6.14% |
| 0.200                    | 1500                       | 151.9 Kg        | 112 | 7.44% | 129.4 Kg        | 95  | 6.34% | 100.4 Kg        | 74  | 4.92% |
| 0.300                    | 1900                       | 165.1 Kg        | 121 | 6.39% | 144.2 Kg        | 106 | 5.58% | 117.7 Kg        | 86  | 4.55% |
| 0.400                    | 2300                       | 176.2 Kg        | 129 | 5.63% | 151.7 Kg        | 111 | 4.85% | 123.7 Kg        | 91  | 3.95% |
| 0.500                    | 2600                       | 187.9 Kg        | 138 | 5.31% | 162.4 Kg        | 119 | 4.59% | 133.9 Kg        | 98  | 3.78% |



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MAS  
TERRATAJAS



**CONGOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

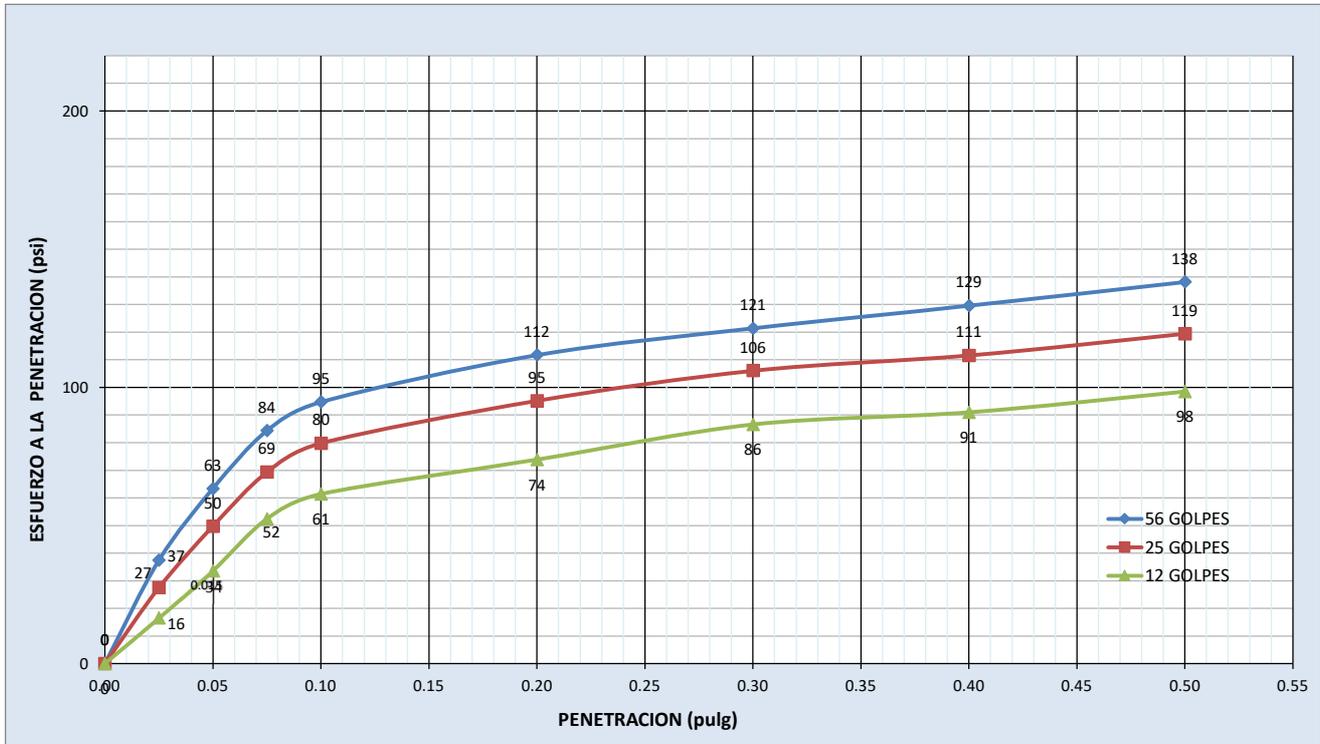
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeingc@gmail.com - www.congeingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORSION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLPES | 0.53%       | 2.83%       |
| 25 GOLPES | 0.77%       | 5.61%       |
| 12 GOLPES | 0.88%       | 7.30%       |

|   |        |
|---|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m <sup>3</sup> ) | 1.98gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)                        | 8.64%  |
| 95% MDS (kg/m <sup>3</sup> )              | 1.88gr |

|                     |       |                 |
|---------------------|-------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 9.47% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 8.56% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 9.47%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**REGULAR**

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VÍAS TERRESTRES



**CONGEINGC EIRL.**  
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

congeingc@gmail.com - www.congeingc.com

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq - Cusco - Cusco

Cel: 921-126-988, 921-992-803



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|          |       |
|----------|-------|
| CALICATA | C-03  |
| SUCS     | CL-ML |

|        |    |
|--------|----|
| ACEITE | 0% |
| SABILA | 0% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                        |          |
|------------------------|----------|
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN | 15.24 cm |
| TEMPERATURA DEL AGUA   | 18 °C    |

|                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| CORRECCION POR TEMPERATURA       | 1.05                   |
| ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L) | 15.00 cm               |
| AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A) | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 7.7 ml                                 | 100.0 ml        | 73.1 ml    | 26.9 ml    | 1.79607                  | 0.0000005 | 0.0000006         | 0.0000010 |
| 2  | 24         | 12.3 ml                                | 100.0 ml        | 65.9 ml    | 34.1 ml    | 2.27627                  | 0.0000003 | 0.0000004         | 0.0000008 |
| 3  | 48         | 23.0 ml                                | 100.0 ml        | 43.2 ml    | 56.8 ml    | 3.78547                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000007 |
| 4  | 72         | 33.8 ml                                | 100.0 ml        | 22.6 ml    | 77.4 ml    | 5.15747                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000007 |
| 5  | 96         | 53.8 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000009 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **1.35E-07** cm/s

FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:

**MUY BAJA**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**

**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

**RUC: 20610425098**

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

**DTO: Suelos**

**PROYECTO / TESIS**

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

**UBICACION**

|              |                      |              |              |             |              |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

**SOLICITANTE**

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
**CIP. 307704**  
**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VÍAS TERRESTRES**

**EMS PARA CARRETERAS - SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307704)**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, 2023**

**CALICATA N°02**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 25.00% |

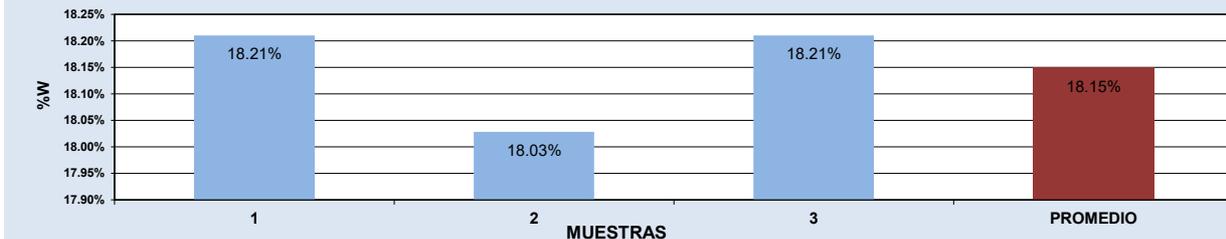
LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 24.01  | 23.77  | 23.74  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.79  | 23.60  | 23.42  |               |
| peso de lata(gr)              | 22.59  | 22.66  | 21.66  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.20   | 0.94   | 1.76   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.42   | 1.11   | 2.08   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.22   | 0.17   | 0.32   |               |
| contenido de humedad          | 18.21% | 18.03% | 18.21% | <b>18.15%</b> |

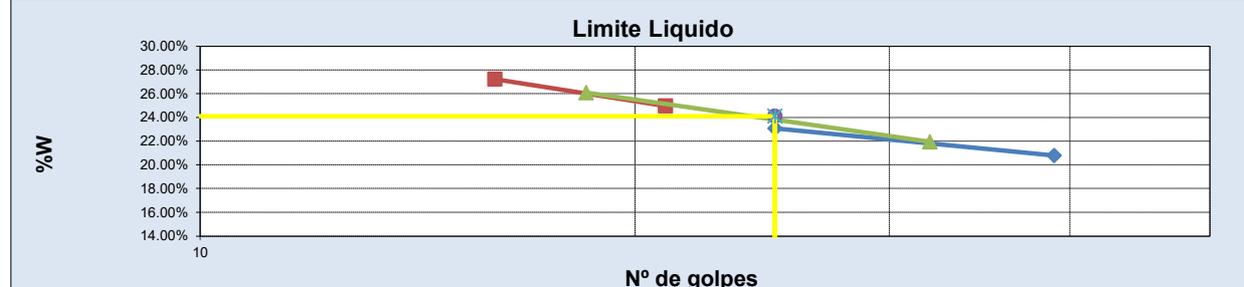


LIMITE PLASTICO



LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.88  | 42.16  | 46.45  | 51.77  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.14  | 38.51  | 41.70  | 45.71  |
| peso de lata(gr)                | 22.96  | 22.68  | 22.68  | 23.47  |
| peso de suelo seco(gr)          | 13.18  | 15.83  | 19.02  | 22.24  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 15.92  | 19.48  | 23.77  | 28.30  |
| peso de agua(gr)                | 2.74   | 3.65   | 4.75   | 6.06   |
| contenido de humedad            | 20.81% | 23.08% | 24.96% | 27.23% |
| Numero de golpes;N              | 39     | 25     | 21     | 16     |
| LL aproximado                   | 21.96  | 23.08  | 24.44  | 25.80  |



|     |       |
|-----|-------|
| LL= | 24.10 |
| LP= | 18.15 |
| IP= | 5.95  |

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VAS  
FERRETEROS



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva  
**FECHA:** CUSCO, 2023  
**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

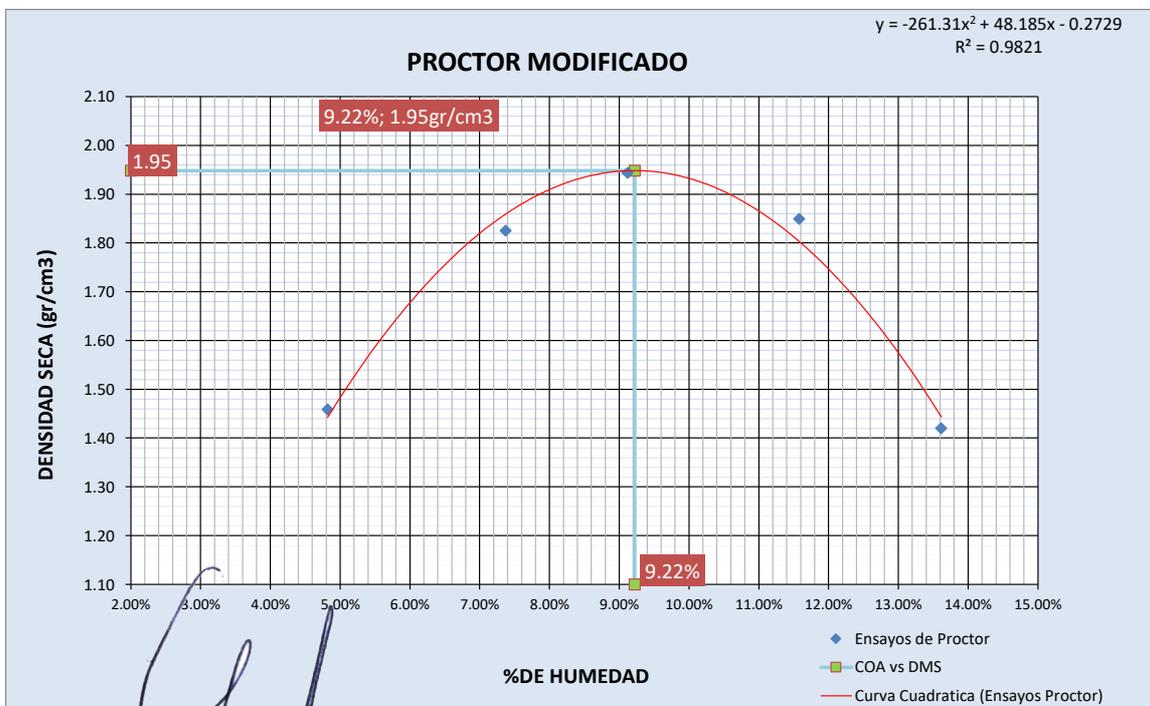
| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 25.00% |

| METODO                     | A                     |
|----------------------------|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |
| Altura                     | 11.62cm               |
| Diametro                   | 10.16cm               |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactacion 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5246.0gr               |         | 5652.0gr               |         | 5803.6gr               |         | 5750.0gr               |         | 5326.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1440.0gr               |         | 1846.0gr               |         | 1997.6gr               |         | 1944.0gr               |         | 1520.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.53gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.12gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.06gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.61gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.46gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.82gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.85gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.42gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                 | ABAJO   |
| PESO RECIPIENTE                       | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 42.6gr                 | 46.9gr  | 46.9gr                 | 51.6gr  | 53.3gr                 | 52.7gr  | 54.6gr                 | 53.5gr  | 49.8gr                 | 52.4gr  |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 110.5gr                | 110.7gr | 118.2gr                | 109.7gr | 101.3gr                | 122.2gr | 107.1gr                | 114.0gr | 111.7gr                | 102.7gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 107.4gr                | 107.8gr | 113.2gr                | 105.8gr | 97.1gr                 | 116.7gr | 101.5gr                | 107.9gr | 104.4gr                | 96.6gr  |
| PESO DE AGUA                          | 3.1gr                  | 2.9gr   | 5.0gr                  | 3.9gr   | 4.2gr                  | 5.5gr   | 5.6gr                  | 6.1gr   | 7.3gr                  | 6.1gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 64.9gr                 | 60.8gr  | 66.3gr                 | 54.1gr  | 43.8gr                 | 64.0gr  | 46.9gr                 | 54.4gr  | 54.6gr                 | 44.1gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.81%                  | 4.83%   | 7.48%                  | 7.27%   | 9.57%                  | 8.67%   | 11.88%                 | 11.28%  | 13.42%                 | 13.81%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.82%                  |         | 7.37%                  |         | 9.12%                  |         | 11.58%                 |         | 13.62%                 |         |



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>CEMENTO</b>  | 8.00%  |
| <b>POMEZ</b>    | 25.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11937.0gr              |         | 11595.0gr              |         | 11499.0gr              |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4553.0gr               |         | 4211.0gr               |         | 4115.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.15gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.99gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.04gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.88gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.85gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr                | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 93.26gr                | 95.76gr | 94.73gr                | 94.27gr | 94.32gr                | 88.44gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 89.56gr                | 91.86gr | 91.03gr                | 90.57gr | 90.65gr                | 85.44gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.70gr                 | 3.90gr  | 3.70gr                 | 3.70gr  | 3.67gr                 | 3.00gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 72.32gr                | 74.55gr | 68.89gr                | 68.61gr | 68.49gr                | 63.36gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 5.12%                  | 5.24%   | 5.37%                  | 5.39%   | 5.36%                  | 4.73%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 5.18%                  |         | 5.38%                  |         | 5.05%                  |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12265.3gr | 12235.0gr | 12348.8gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 285.3gr   | 685.0gr   | 1138.8gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.38%     | 5.93%     | 10.16%    |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |               |         | 25    |               |         | 12    |               |         |       |
|-----------------------|-----------------|---------------|---------|-------|---------------|---------|-------|---------------|---------|-------|
| MOLDE N°              | 1               |               |         | 2     |               |         | 3     |               |         |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | ESPONJAMIENTO |         |       | ESPONJAMIENTO |         |       | ESPONJAMIENTO |         |       |
|                       |                 | DIAL          | mm      | %     | DIAL          | mm      | %     | DIAL          | mm      | %     |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0           | 0       | 0.00% | 0.0           | 0       | 0.00% | 0.0           | 0       | 0.00% |
| 03/12/2023            | 24              | 7.7           | 0.19558 | 0.16% | 10.8          | 0.27432 | 0.23% | 12.2          | 0.30988 | 0.26% |
| 04/12/2023            | 48              | 14.1          | 0.35814 | 0.30% | 17.5          | 0.4445  | 0.37% | 28.1          | 0.71374 | 0.59% |
| 05/12/2023            | 72              | 21.9          | 0.55626 | 0.46% | 27.7          | 0.70358 | 0.59% | 28.8          | 0.73152 | 0.61% |
| 06/12/2023            | 96              | 26.0          | 0.6604  | 0.55% | 41.6          | 1.05664 | 0.88% | 43.3          | 1.09982 | 0.92% |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

| 1 kg=2.20462262000000 lb |                            | 56 GOLPES       |     |        | 25 GOLPES       |     |        | 12 GOLPES       |     |       |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|-----|--------|-----------------|-----|--------|-----------------|-----|-------|
| PENETRACION EN PULGADAS  | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | MOLDE N°        |     |        | MOLDE N°        |     |        | MOLDE N°        |     |       |
|                          |                            | CARGA DE ENSAYO |     |        | CARGA DE ENSAYO |     |        | CARGA DE ENSAYO |     |       |
|                          |                            | DIAL            | psi | %      | DIAL            | psi | %      | DIAL            | psi | %     |
| 0                        |                            | 0.0 Kg          | 0   | 0      | 0.0 Kg          | 0   | 0      | 0.0 Kg          | 0   | 0     |
| 0.025                    |                            | 65.8 Kg         | 48  |        | 50.1 Kg         | 37  |        | 41.4 Kg         | 30  |       |
| 0.050                    |                            | 121.3 Kg        | 89  |        | 98.7 Kg         | 73  |        | 82.9 Kg         | 61  |       |
| 0.075                    |                            | 155.3 Kg        | 114 |        | 126.6 Kg        | 93  |        | 98.6 Kg         | 72  |       |
| 0.100                    | 1000                       | 175.0 Kg        | 129 | 12.86% | 146.0 Kg        | 107 | 10.73% | 109.2 Kg        | 80  | 8.02% |
| 0.200                    | 1500                       | 204.1 Kg        | 150 | 10.00% | 162.9 Kg        | 120 | 7.98%  | 125.1 Kg        | 92  | 6.13% |
| 0.300                    | 1900                       | 228.1 Kg        | 168 | 8.82%  | 189.1 Kg        | 139 | 7.31%  | 160.2 Kg        | 118 | 6.20% |
| 0.400                    | 2300                       | 260.0 Kg        | 191 | 8.31%  | 199.4 Kg        | 147 | 6.37%  | 175.5 Kg        | 129 | 5.61% |
| 0.500                    | 2600                       | 303.9 Kg        | 223 | 8.59%  | 258.6 Kg        | 190 | 7.31%  | 210.2 Kg        | 154 | 5.94% |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VIAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

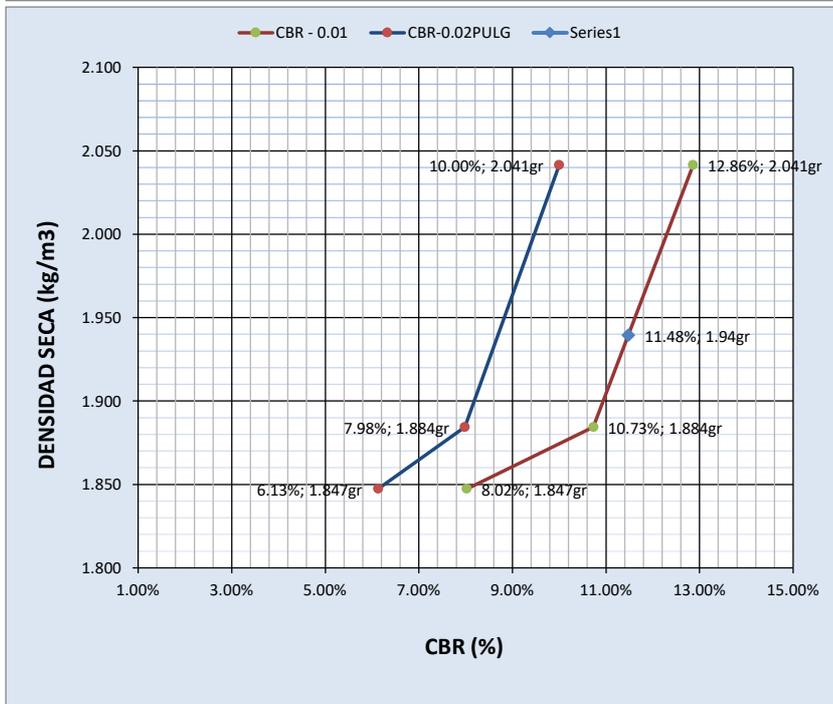
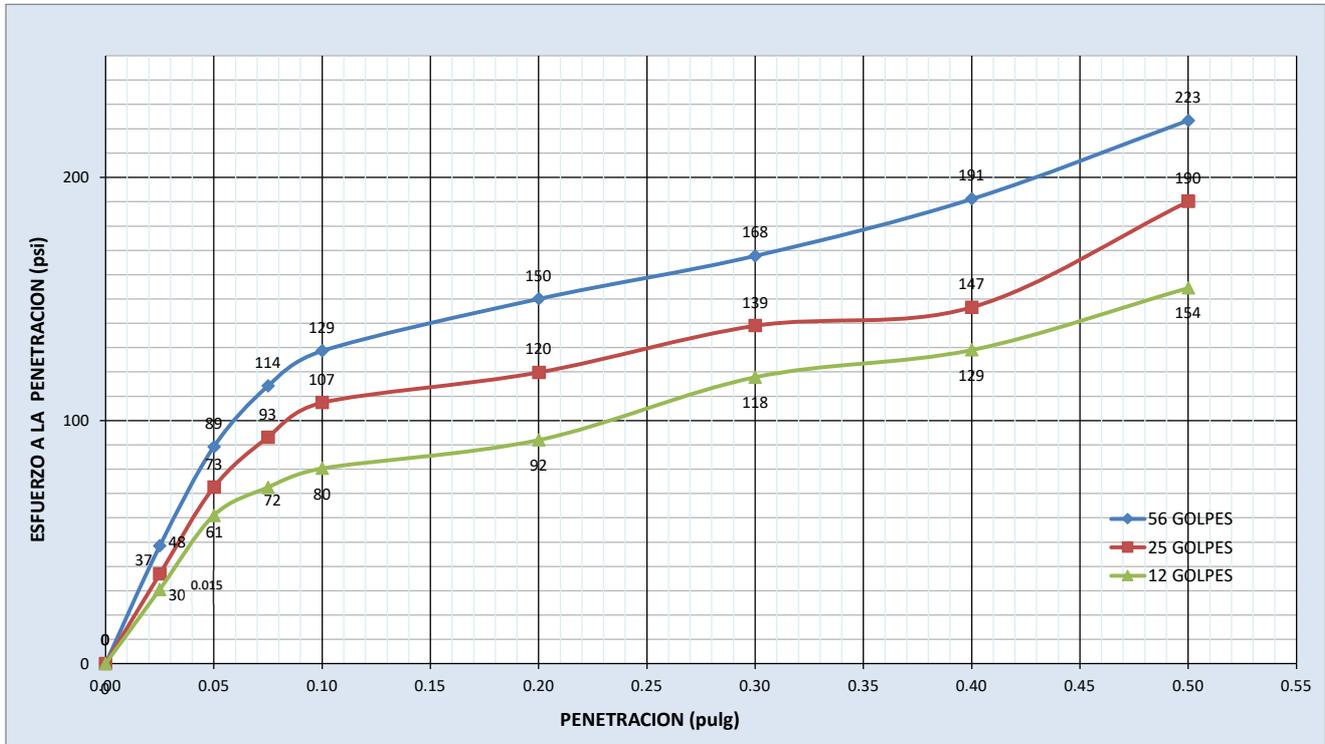
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORSION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLFES | 0.55%       | 2.38%       |
| 25 GOLFES | 0.88%       | 5.93%       |
| 12 GOLFES | 0.92%       | 10.16%      |

|   |        |
|---|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m <sup>3</sup> ) | 2.04gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)                        | 5.18%  |
| 95% MDS (kg/m <sup>3</sup> )              | 1.94gr |

|                     |        |                 |
|---------------------|--------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 12.86% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 11.48% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 12.86%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**BUENA**

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq - Cusco - Cusco

Cel: 921-126-988, 921-992-803



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|          |       |
|----------|-------|
| CALICATA | C-02  |
| SUCS     | CL-ML |

|        |     |
|--------|-----|
| ACEITE | 8%  |
| SABILA | 25% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                        |          |
|------------------------|----------|
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN | 15.24 cm |
| TEMPERATURA DEL AGUA   | 18 °C    |

|                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| CORRECCION POR TEMPERATURA       | 1.05                   |
| ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L) | 15.00 cm               |
| AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A) | 182.41 cm <sup>2</sup> |

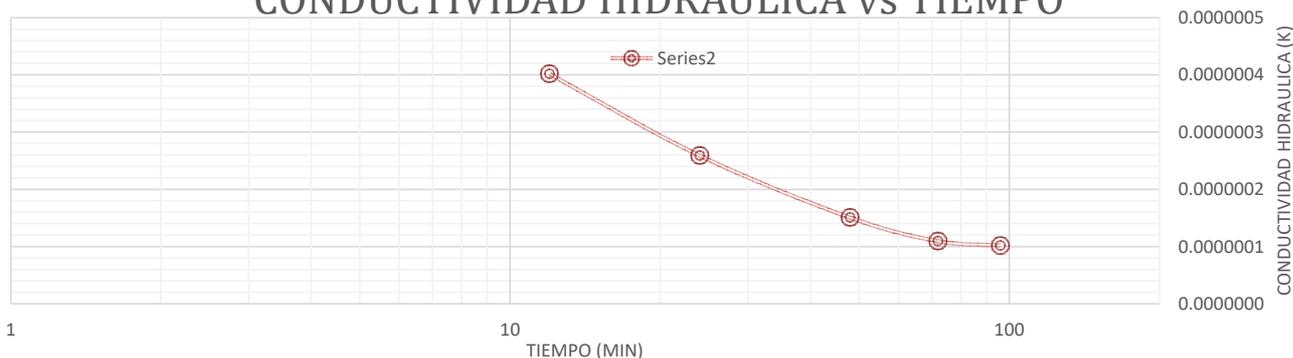
Ecuaciones a considerar:

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 5.8 ml                                 | 100.0 ml        | 71.0 ml    | 29.0 ml    | 1.93333                  | 0.0000004 | 0.0000004         | 0.0000007 |
| 2  | 24         | 9.3 ml                                 | 100.0 ml        | 64.0 ml    | 36.0 ml    | 2.40000                  | 0.0000002 | 0.0000003         | 0.0000006 |
| 3  | 48         | 17.5 ml                                | 100.0 ml        | 42.0 ml    | 58.0 ml    | 3.86667                  | 0.0000001 | 0.0000002         | 0.0000006 |
| 4  | 72         | 25.6 ml                                | 100.0 ml        | 22.0 ml    | 78.0 ml    | 5.20000                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 5  | 96         | 40.7 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **1.02E-07** cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD: MUY BAJA**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VAS  
TERRABENTOS



## CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos

### PROYECTO / TESIS

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

### UBICACION

|              |                      |              |              |             |              |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

### SOLICITANTE

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS TERRESTRES

**EMS PARA CARRETERAS - SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307704)**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, MAYO 2023**

**CALICATA N°02**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigtte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|          |        |
|----------|--------|
| CALICATA | C-02   |
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 25.00% |

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO |
|-------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.67  | 24.03  | 23.97  |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.44  | 23.74  | 23.73  |          |
| peso de lata(gr)              | 22.10  | 22.08  | 22.34  |          |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.34   | 1.66   | 1.39   |          |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.57   | 1.95   | 1.63   |          |
| peso de agua(gr)              | 0.23   | 0.29   | 0.24   |          |
| contenido de humedad          | 17.08% | 17.42% | 16.91% | 17.14%   |

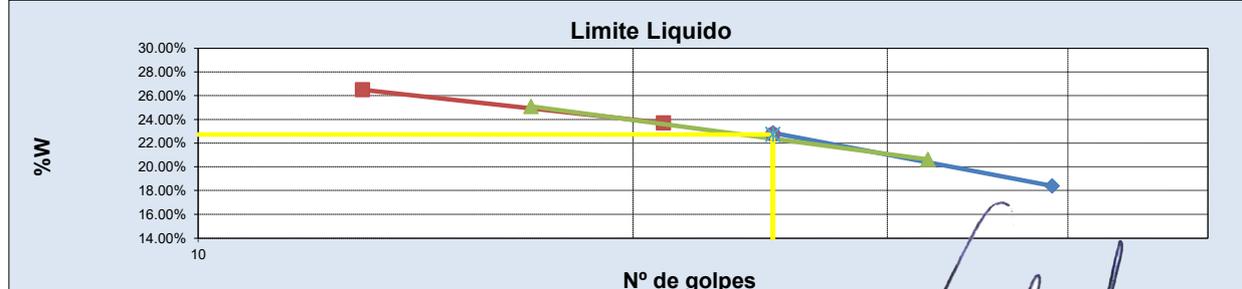


**LIMITE PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.32  | 41.02  | 47.61  | 49.14  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.90  | 37.74  | 42.75  | 43.40  |
| peso de lata(gr)                | 22.77  | 23.41  | 22.27  | 21.75  |
| peso de suelo seco(gr)          | 13.13  | 14.33  | 20.48  | 21.65  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 15.55  | 17.61  | 25.34  | 27.39  |
| peso de agua(gr)                | 2.42   | 3.28   | 4.86   | 5.74   |
| contenido de humedad            | 18.41% | 22.88% | 23.71% | 26.51% |
| Numero de golpes;N              | 39     | 25     | 21     | 13     |
| LL aproximado                   | 19.43  | 22.88  | 23.22  | 24.49  |



|     |       |
|-----|-------|
| LL= | 22.73 |
| LP= | 17.14 |
| IP= | 5.59  |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VÍAS  
VEREDALES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

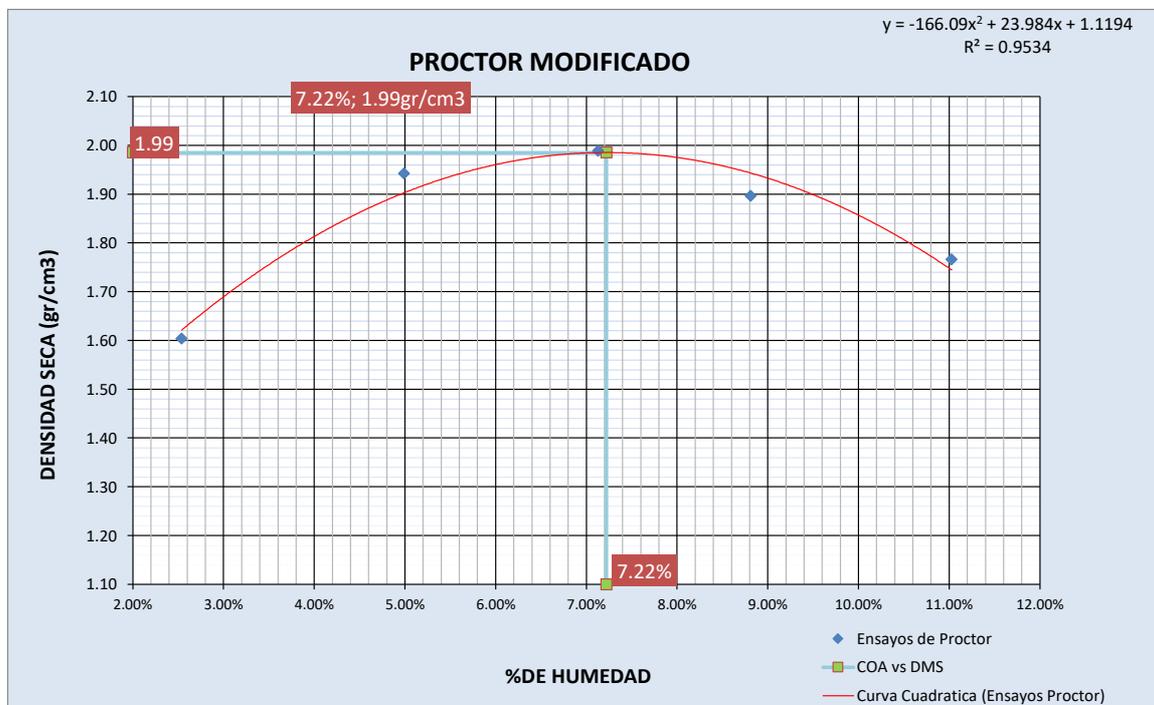
| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 25.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Diametro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| MOLDE N°                              | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      | 1                      |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      | 5                      |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     | 25                     |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA             |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5355.0gr               | 5727.0gr               | 5813.0gr               | 5750.0gr               | 5750.0gr               | 5750.0gr               | 5750.0gr               | 5750.0gr               | 5750.0gr               | 5653.0gr               |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1549.0gr               | 1921.0gr               | 2007.0gr               | 1944.0gr               | 1944.0gr               | 1944.0gr               | 1944.0gr               | 1944.0gr               | 1944.0gr               | 1847.0gr               |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  | 942.1gr                |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.64gr/cm <sup>3</sup> | 2.04gr/cm <sup>3</sup> | 2.13gr/cm <sup>3</sup> | 2.06gr/cm <sup>3</sup> | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD SECA                         | 1.60gr/cm <sup>3</sup> | 1.94gr/cm <sup>3</sup> | 1.99gr/cm <sup>3</sup> | 1.90gr/cm <sup>3</sup> | 1.77gr/cm <sup>3</sup> |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
| RECIPiente N°                         | ARRIBA                 | ABAJO                  |
| RECIPiente N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4                      | 5                      | 6                      | 7                      | 8                      | 9                      | 10                     |
| PESO RECIPiente                       | 44.5gr                 | 45.1gr                 | 45.9gr                 | 52.0gr                 | 54.3gr                 | 53.3gr                 | 54.7gr                 | 51.9gr                 | 50.7gr                 | 53.4gr                 |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPiente  | 118.4gr                | 106.6gr                | 98.6gr                 | 111.6gr                | 110.5gr                | 103.9gr                | 124.1gr                | 108.7gr                | 116.4gr                | 109.5gr                |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPiente | 116.4gr                | 105.2gr                | 96.0gr                 | 108.8gr                | 106.8gr                | 100.5gr                | 118.2gr                | 104.3gr                | 109.6gr                | 104.2gr                |
| PESO DE AGUA                          | 2.0gr                  | 1.4gr                  | 2.6gr                  | 2.8gr                  | 3.7gr                  | 3.4gr                  | 5.9gr                  | 4.4gr                  | 6.8gr                  | 5.3gr                  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 71.9gr                 | 60.1gr                 | 50.1gr                 | 56.8gr                 | 52.5gr                 | 47.2gr                 | 63.6gr                 | 52.4gr                 | 58.9gr                 | 50.8gr                 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 2.80%                  | 2.28%                  | 5.12%                  | 4.86%                  | 7.06%                  | 7.20%                  | 9.26%                  | 8.36%                  | 11.52%                 | 10.53%                 |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 2.54%                  |                        | 4.99%                  |                        | 7.13%                  |                        | 8.81%                  |                        | 11.03%                 |                        |



*Handwritten signature*



# CONGEOINGC EIRL. CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggite Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>CEMENTO</b>  | 8.00%  |
| <b>POMEZ</b>    | 25.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

### DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11789.0gr              | 11423.0gr              | 11299.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4405.0gr               | 4039.0gr               | 3915.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.08gr/cm <sup>3</sup> | 1.90gr/cm <sup>3</sup> | 1.85gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.97gr/cm <sup>3</sup> | 1.81gr/cm <sup>3</sup> | 1.76gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 95.51gr                | 95.26gr                | 90.09gr                | 93.57gr | 90.65gr | 92.78gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 91.53gr                | 91.21gr                | 86.65gr                | 89.94gr | 87.27gr | 89.30gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.98gr                 | 4.05gr                 | 3.44gr                 | 3.63gr  | 3.38gr  | 3.48gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 74.29gr                | 73.90gr                | 64.51gr                | 67.98gr | 65.11gr | 67.22gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 5.36%                  | 5.48%                  | 5.34%                  | 5.34%   | 5.19%   | 5.18%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 5.42%                  |                        | 5.34%                  |         | 5.19%   |         |

### PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12193.4gr | 12042.1gr | 12139.6gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 213.4gr   | 492.1gr   | 929.6gr   |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 1.78%     | 4.26%     | 8.29%     |

### DATOS DE ESPONJAMIENTO

| N° DE GOLPES POR CAPA |                 | 56      |               |       | 25      |               |       | 12      |               |       |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|
| MOLDE N°              |                 | 1       |               |       | 2       |               |       | 3       |               |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% |
| 03/12/2023            | 24              | 7.8     | 0.19812       | 0.17% | 11.2    | 0.28448       | 0.24% | 12.2    | 0.30988       | 0.26% |
| 04/12/2023            | 48              | 14.4    | 0.36576       | 0.30% | 17.9    | 0.45466       | 0.38% | 28.1    | 0.71374       | 0.59% |
| 05/12/2023            | 72              | 22.2    | 0.56388       | 0.47% | 27.8    | 0.70612       | 0.59% | 29.1    | 0.73914       | 0.62% |
| 06/12/2023            | 96              | 26.6    | 0.67564       | 0.56% | 42.6    | 1.08204       | 0.90% | 44.2    | 1.12268       | 0.94% |

### DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |     |         | 25 GOLPES       |     |         | 12 GOLPES       |     |         |
|---|--|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT |
|   |  | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       |
| 0.025                                   |  | 69.9 Kg         | 51  |         | 53.5 Kg         | 39  |         | 40.1 Kg         | 29  |         |
| 0.050                                   |  | 119.0 Kg        | 87  |         | 93.3 Kg         | 69  |         | 70.3 Kg         | 52  |         |
| 0.075                                   |  | 139.1 Kg        | 102 |         | 121.4 Kg        | 89  |         | 103.3 Kg        | 76  |         |
| 0.100                                   | 1000                                   | 154.4 Kg        | 113 | 11.35%  | 137.1 Kg        | 101 | 10.08%  | 110.9 Kg        | 81  | 8.15%   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 176.5 Kg        | 130 | 8.65%   | 158.0 Kg        | 116 | 7.74%   | 121.3 Kg        | 89  | 5.94%   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 204.0 Kg        | 150 | 7.89%   | 169.1 Kg        | 124 | 6.54%   | 139.7 Kg        | 103 | 5.40%   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 221.5 Kg        | 163 | 7.08%   | 193.9 Kg        | 142 | 6.20%   | 149.4 Kg        | 110 | 4.77%   |
| 0.500                                   | 2600                                   | 226.6 Kg        | 167 | 6.40%   | 201.2 Kg        | 148 | 5.69%   | 153.4 Kg        | 113 | 4.34%   |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VIAS  
TERRESTRES



# CONGEOINGC EIRL. CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

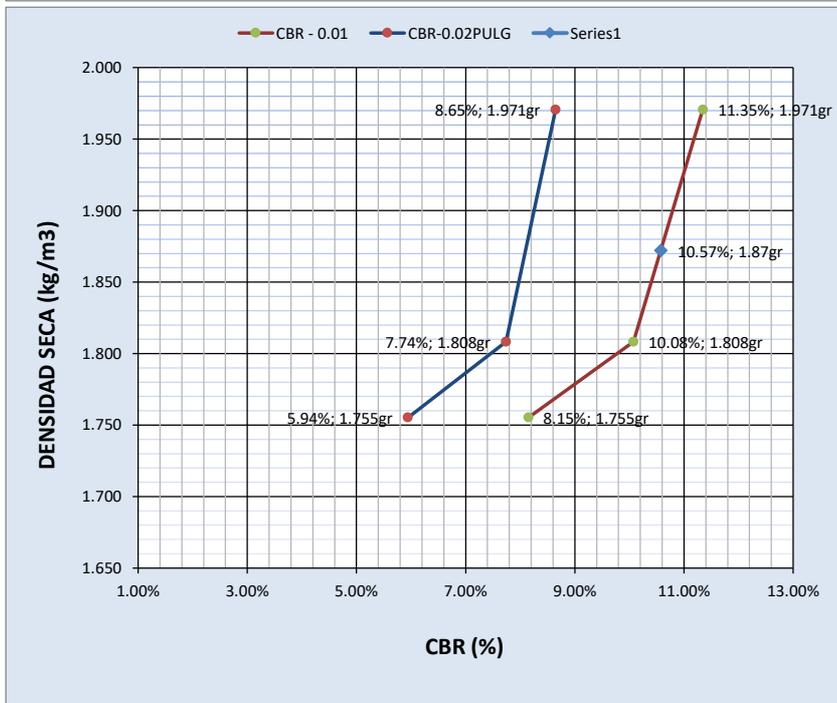
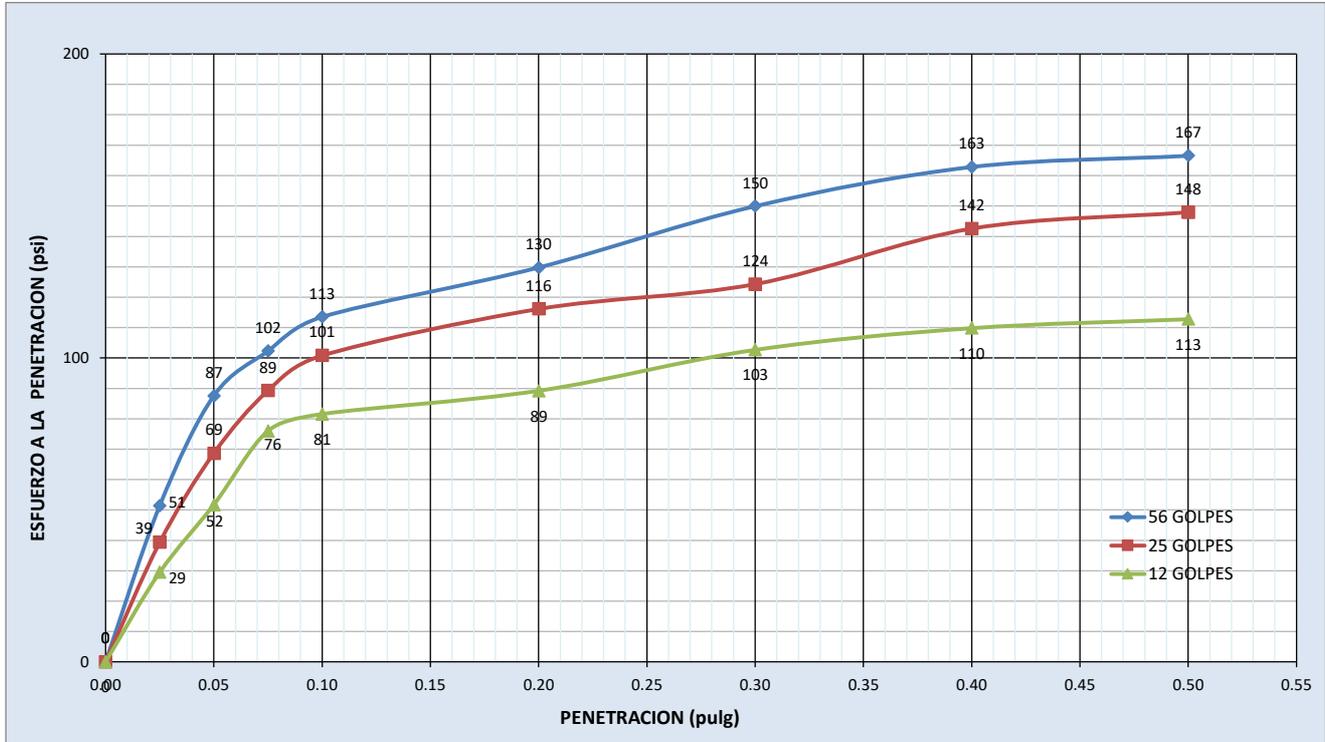
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



### RESULTADOS

|           | % EXPANSION | % ABSORCION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLPES | 0.56%       | 1.78%       |
| 25 GOLPES | 0.90%       | 4.26%       |
| 12 GOLPES | 0.94%       | 8.29%       |

|   |        |
|---|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m <sup>3</sup> ) | 1.97gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)                        | 5.42%  |
| 95% MDS (kg/m <sup>3</sup> )              | 1.87gr |

|                     |        |                 |
|---------------------|--------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 11.35% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 10.57% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 11.35%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**BUENA**

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS  
TERRESTRES



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 25% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    |

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t}$$

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

$$v = k * i$$

$$R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

| Nº | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 7.0 ml                                 | 100.0 ml        | 74.6 ml    | 25.5 ml    | 1.69667                  | 0.0000005 | 0.0000005         | 0.0000009 |
| 2  | 24         | 11.2 ml                                | 100.0 ml        | 67.2 ml    | 32.8 ml    | 2.18667                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000007 |
| 3  | 48         | 21.0 ml                                | 100.0 ml        | 44.1 ml    | 55.9 ml    | 3.72667                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000007 |
| 4  | 72         | 30.7 ml                                | 100.0 ml        | 23.1 ml    | 76.9 ml    | 5.12667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |
| 5  | 96         | 48.9 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000008 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **1.22E-07** cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:**

**MUY BAJA**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VIAL  
TERRESTRES



## CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos

### PROYECTO / TESIS

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

### UBICACION

|              |                      |              |              |             |              |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

### SOLICITANTE

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704

**EMS PARA CARRETERA EN SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307704)**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, MAYO 2023**

**CALICATA N°02**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|          |        |
|----------|--------|
| CALICATA | C-02   |
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 25.00% |

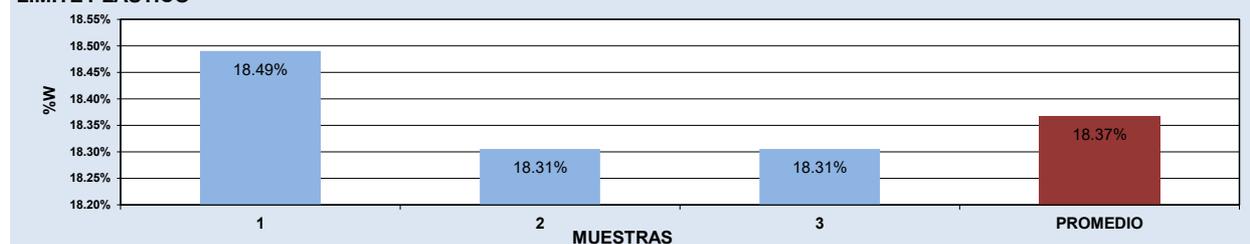
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.21  | 23.29  | 24.36  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.12  | 23.13  | 23.97  |               |
| peso de lata(gr)              | 22.64  | 22.28  | 21.83  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 0.48   | 0.85   | 2.14   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 0.57   | 1.01   | 2.53   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.09   | 0.16   | 0.39   |               |
| contenido de humedad          | 18.49% | 18.31% | 18.31% | <b>18.37%</b> |

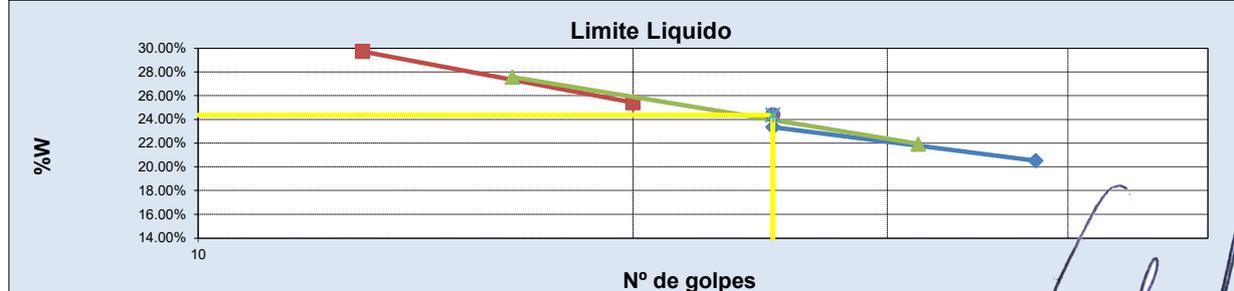


**LIMITE PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.80  | 41.30  | 46.99  | 52.11  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.00  | 37.90  | 42.22  | 45.55  |
| peso de lata(gr)                | 22.33  | 23.34  | 23.47  | 23.47  |
| peso de suelo seco(gr)          | 13.67  | 14.56  | 18.75  | 22.08  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 16.47  | 17.96  | 23.52  | 28.64  |
| peso de agua(gr)                | 2.80   | 3.40   | 4.77   | 6.56   |
| contenido de humedad            | 20.52% | 23.37% | 25.42% | 29.73% |
| Numero de golpes;N              | 38     | 25     | 20     | 13     |
| LL aproximado                   | 21.58  | 23.37  | 24.74  | 27.47  |



|     |       |
|-----|-------|
| LL= | 24.38 |
| LP= | 18.37 |
| IP= | 6.01  |



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VÍAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quescaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación SUCS= CL-ML

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

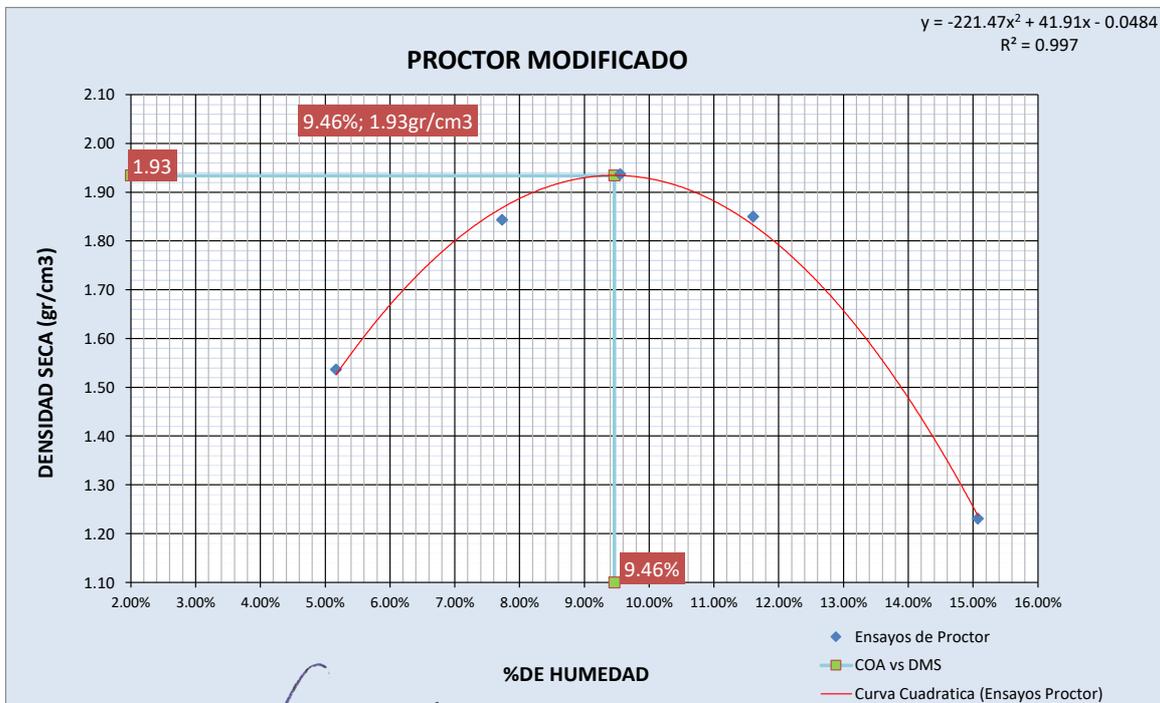
| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 25.00% |

| METODO                     | A                     |
|----------------------------|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |
| Altura                     | 11.62cm               |
| Diametro                   | 10.16cm               |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energia de compactacion 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5328.0gr               |         | 5677.0gr               |         | 5805.4gr               |         | 5751.0gr               |         | 5140.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1522.0gr               |         | 1871.0gr               |         | 1999.4gr               |         | 1945.0gr               |         | 1334.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.62gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.99gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.12gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.06gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.42gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.54gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.84gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.85gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.23gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|                                       | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 44.0gr                 | 45.9gr  | 46.6gr                 | 51.7gr  | 53.2gr                 | 52.7gr  | 52.2gr                 | 51.9gr  | 51.4gr                 | 53.1gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 114.4gr                | 114.4gr | 103.5gr                | 121.5gr | 105.2gr                | 105.7gr | 106.1gr                | 116.9gr | 104.9gr                | 115.3gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 110.8gr                | 111.1gr | 99.5gr                 | 116.5gr | 100.6gr                | 101.1gr | 100.4gr                | 110.3gr | 97.8gr                 | 107.2gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.5gr                  | 3.3gr   | 4.1gr                  | 5.0gr   | 4.5gr                  | 4.6gr   | 5.7gr                  | 6.6gr   | 7.1gr                  | 8.1gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 66.9gr                 | 65.2gr  | 52.8gr                 | 64.8gr  | 47.4gr                 | 48.4gr  | 48.2gr                 | 58.4gr  | 46.5gr                 | 54.1gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 5.28%                  | 5.05%   | 7.72%                  | 7.74%   | 9.58%                  | 9.52%   | 11.82%                 | 11.39%  | 15.23%                 | 14.92%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 5.17%                  |         | 7.73%                  |         | 9.55%                  |         | 11.60%                 |         | 15.07%                 |         |



DMS = 1.93gr/cm<sup>3</sup>  
CHO = 9.46%



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS  
PÚBLICAS



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|          |        |
|----------|--------|
| CALICATA | C-02   |
| SUCS     | CL-ML  |
| CEMENTO  | 8.00%  |
| POMEZ    | 25.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11880.0gr              |         | 11530.0gr              |         | 11429.0gr              |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4496.0gr               |         | 4146.0gr               |         | 4045.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.12gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.03gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.87gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr                | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 92.59gr                | 90.66gr | 89.33gr                | 95.53gr | 92.80gr                | 88.82gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 89.43gr                | 87.66gr | 86.47gr                | 92.28gr | 89.78gr                | 86.13gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.16gr                 | 3.00gr  | 2.86gr                 | 3.25gr  | 3.02gr                 | 2.69gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 72.19gr                | 70.35gr | 64.33gr                | 70.32gr | 67.62gr                | 64.05gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.38%                  | 4.27%   | 4.45%                  | 4.62%   | 4.47%                  | 4.21%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.32%                  |         | 4.54%                  |         | 4.34%                  |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12207.9gr | 12175.7gr | 12270.2gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 227.9gr   | 625.7gr   | 1060.2gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 1.90%     | 5.42%     | 9.46%     |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25              | 12                    |                 |                       |                 |                       |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| MOLDE N°              | 1               | 2               | 3                     |                 |                       |                 |                       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm % | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm % | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm % |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0             | 0 0.00%               | 0.0             | 0 0.00%               | 0.0             | 0 0.00%               |
| 03/12/2023            | 24              | 8.1             | 0.20574 0.17%         | 11.6            | 0.29464 0.25%         | 12.5            | 0.3175 0.26%          |
| 04/12/2023            | 48              | 15.0            | 0.381 0.32%           | 17.9            | 0.45466 0.38%         | 28.6            | 0.72644 0.61%         |
| 05/12/2023            | 72              | 22.6            | 0.57404 0.48%         | 28.1            | 0.71374 0.59%         | 29.5            | 0.7493 0.62%          |
| 06/12/2023            | 96              | 26.7            | 0.67818 0.57%         | 43.1            | 1.09474 0.91%         | 45.3            | 1.15062 0.96%         |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

| 1 kg=2.20462262000000 lb |                            | 56 GOLPES       |     |         | 25 GOLPES       |     |         | 12 GOLPES       |     |         |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|
| PENETRACION EN PULGADAS  | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         |
|                          |                            | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT |
|                          |                            | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       |
| 0                        |                            | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       |
| 0.025                    |                            | 70.0 Kg         | 51  |         | 55.6 Kg         | 4   |         | 41.5 Kg         | 30  |         |
| 0.050                    |                            | 118.5 Kg        | 87  |         | 95.4 Kg         | 10  |         | 75.7 Kg         | 56  |         |
| 0.075                    |                            | 155.4 Kg        | 142 |         | 126.5 Kg        | 19  |         | 100.1 Kg        | 74  |         |
| 0.100                    | 1000                       | 170.7 Kg        | 150 | 12.54%  | 142.5 Kg        | 105 | 10.47%  | 111.8 Kg        | 82  | 8.22%   |
| 0.200                    | 1500                       | 186.4 Kg        | 142 | 9.13%   | 159.7 Kg        | 117 | 7.89%   | 126.6 Kg        | 93  | 6.20%   |
| 0.300                    | 1900                       | 203.4 Kg        | 142 | 7.87%   | 173.5 Kg        | 129 | 6.93%   | 134.9 Kg        | 99  | 5.22%   |
| 0.400                    | 2300                       | 211.1 Kg        | 142 | 6.88%   | 187.5 Kg        | 141 | 6.89%   | 145.6 Kg        | 107 | 4.65%   |
| 0.500                    | 2600                       | 225.7 Kg        | 166 | 6.38%   | 201.5 Kg        | 153 | 5.25%   | 159.5 Kg        | 117 | 4.51%   |



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

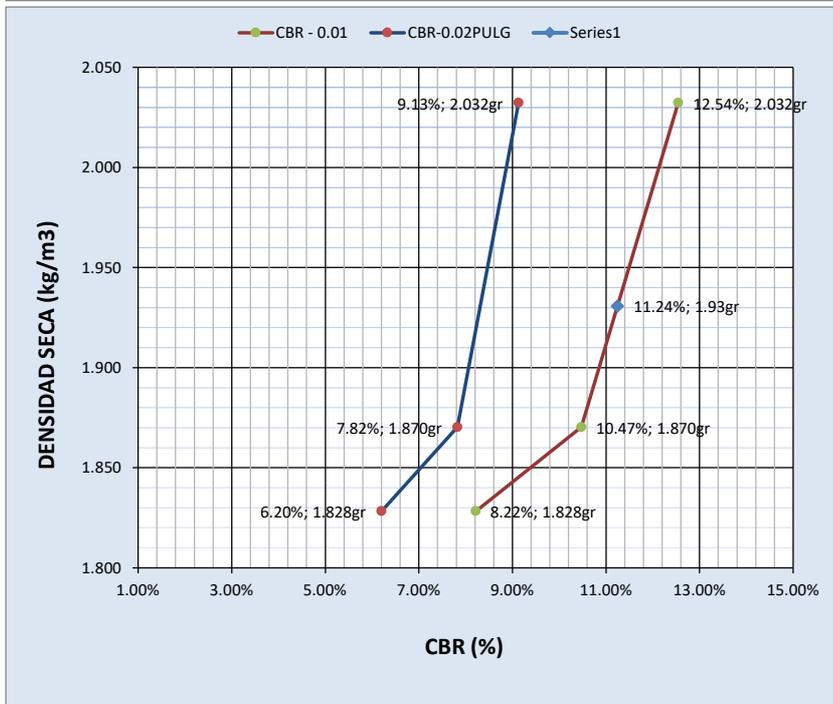
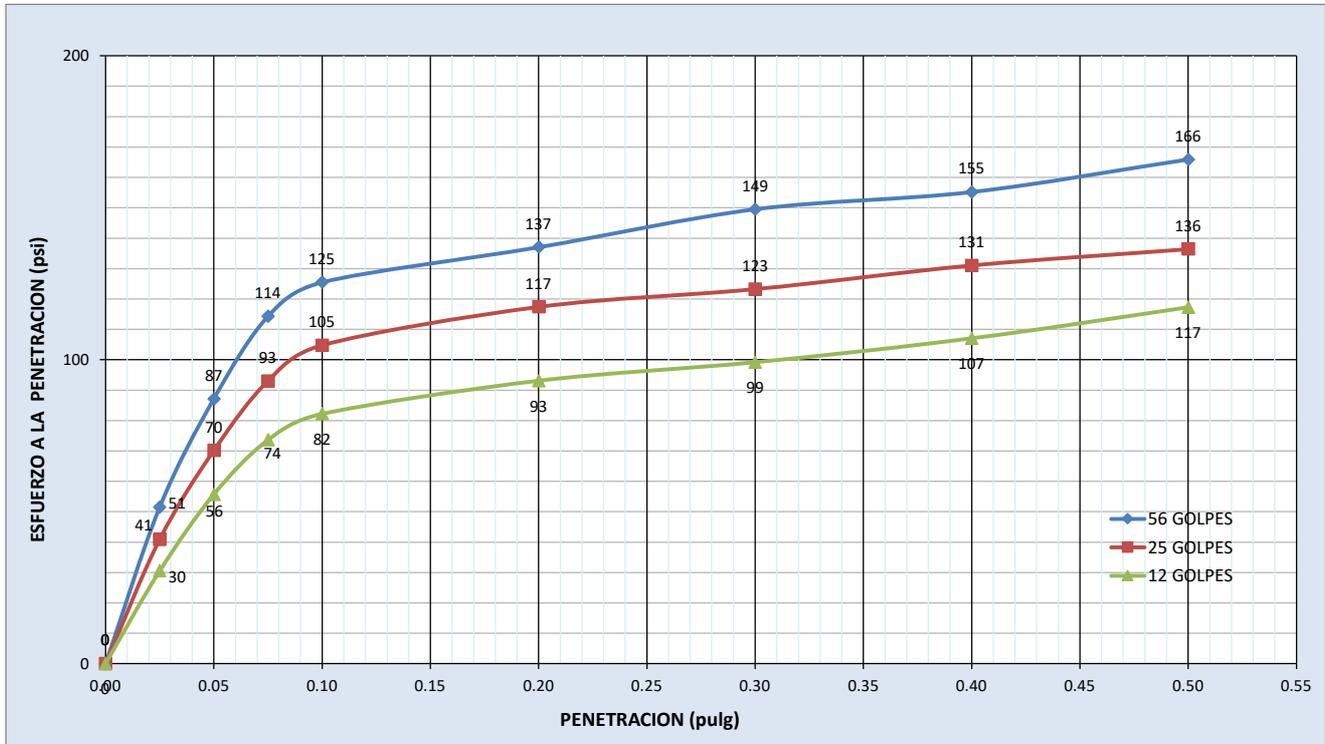
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORCION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLFES | 0.57%       | 1.90%       |
| 25 GOLFES | 0.91%       | 5.42%       |
| 12 GOLFES | 0.96%       | 9.46%       |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m3) | 2.03gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)           | 4.32%  |
| 95% MDS (kg/m3)              | 1.93gr |

|                     |        |                 |
|---------------------|--------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 12.54% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 11.24% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 12.54%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**BUENA**

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS  
FERROVIARIAS



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182898          | 8503402 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 25% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    |

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t}$$

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

$$v = k * i$$

$$R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 6.6 ml                                 | 100.0 ml        | 73.1 ml    | 26.9 ml    | 1.79607                  | 0.0000005 | 0.0000005         | 0.0000008 |
| 2  | 24         | 10.6 ml                                | 100.0 ml        | 65.9 ml    | 34.1 ml    | 2.27627                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000007 |
| 3  | 48         | 19.9 ml                                | 100.0 ml        | 43.2 ml    | 56.8 ml    | 3.78547                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000006 |
| 4  | 72         | 29.2 ml                                | 100.0 ml        | 22.6 ml    | 77.4 ml    | 5.15747                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |
| 5  | 96         | 46.4 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000007 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **1.16E-07** cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:**

**MUY BAJA**





## CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos

### PROYECTO / TESIS

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

### UBICACION

|              |                      |              |              |             |              |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

### SOLICITANTE

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS TERRAPLENES

**EMS PARA CARRETERAS - SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307704)**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, MAYO 2023**

**CALICATA N°02**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigtte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

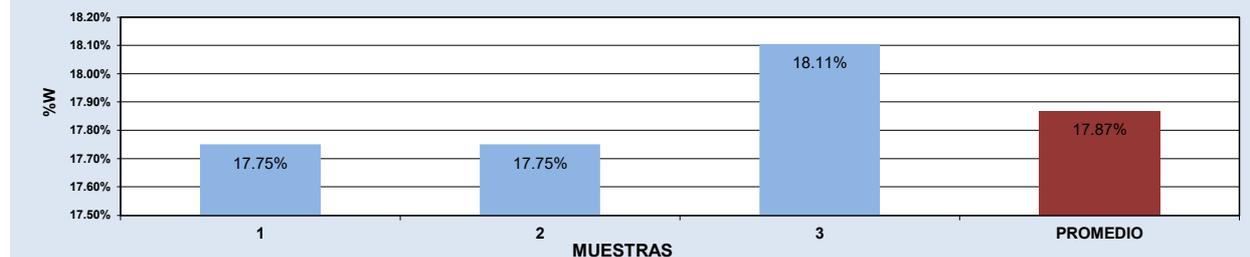
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.42  | 23.52  | 23.31  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.12  | 23.37  | 23.14  |               |
| peso de lata(gr)              | 21.43  | 22.53  | 22.18  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.69   | 0.84   | 0.96   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.99   | 0.99   | 1.13   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.30   | 0.15   | 0.17   |               |
| contenido de humedad          | 17.75% | 17.75% | 18.11% | <b>17.87%</b> |

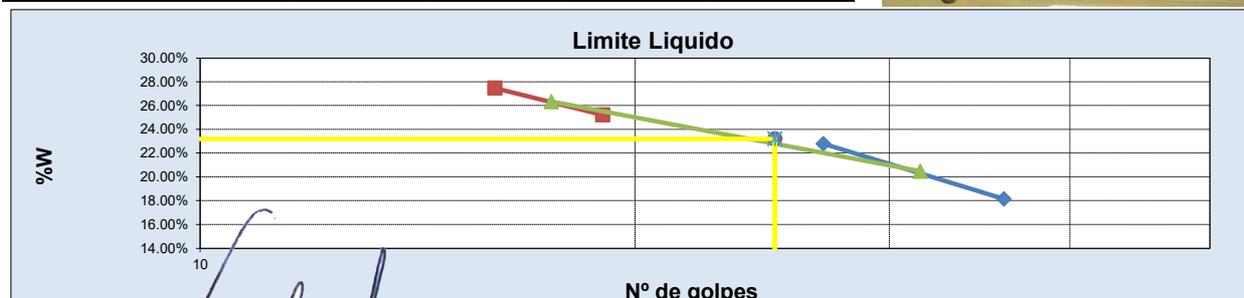


**LIMITE PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.64  | 42.04  | 47.75  | 48.58  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.04  | 38.43  | 42.52  | 42.85  |
| peso de lata(gr)                | 21.74  | 22.59  | 21.77  | 22     |
| peso de suelo seco(gr)          | 14.3   | 15.84  | 20.75  | 20.85  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 16.90  | 19.45  | 25.98  | 26.58  |
| peso de agua(gr)                | 2.60   | 3.61   | 5.23   | 5.73   |
| contenido de humedad            | 18.16% | 22.80% | 25.22% | 27.47% |
| Numero de golpes:N              | 36     | 27     | 19     | 16     |
| LL aproximado                   | 18.98  | 23.01  | 24.40  | 26.03  |



|     |       |
|-----|-------|
| LL= | 23.20 |
| LP= | 17.87 |
| IP= | 5.33  |



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva  
**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023  
**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

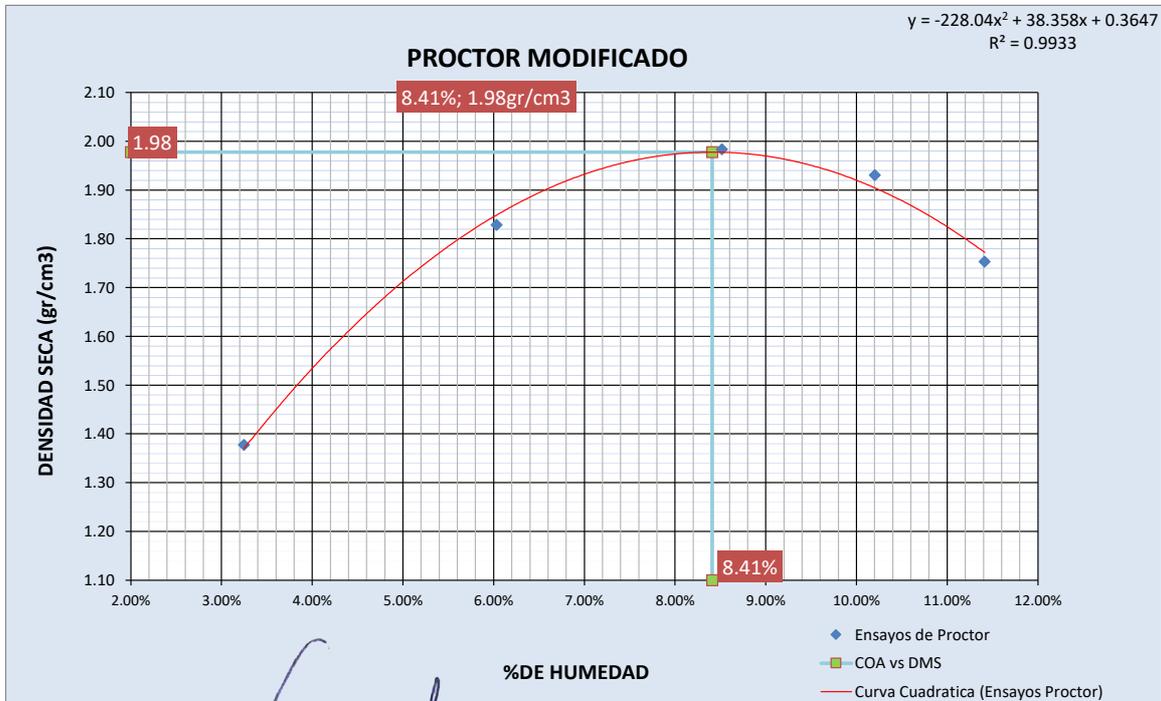
|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

| METODO                     | A                     |
|----------------------------|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |
| Altura                     | 11.62cm               |
| Diámetro                   | 10.16cm               |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5146.0gr               |         | 5632.0gr               |         | 5833.6gr               |         | 5810.0gr               |         | 5646.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1340.0gr               |         | 1826.0gr               |         | 2027.6gr               |         | 2004.0gr               |         | 1840.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.42gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.15gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.13gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.95gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.38gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.98gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.93gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.75gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| RECIPiente N°                         | ARRIBA                 | ABAJO   |
| PESO RECIPiente                       | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPiente  | 44.6gr                 | 45.1gr  | 47.3gr                 | 52.2gr  | 52.4gr                 | 52.5gr  | 53.4gr                 | 52.0gr  | 49.1gr                 | 51.4gr  |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPiente | 100.6gr                | 120.3gr | 111.3gr                | 105.9gr | 123.3gr                | 122.1gr | 106.5gr                | 118.6gr | 114.4gr                | 106.2gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPiente | 99.0gr                 | 117.7gr | 107.5gr                | 103.0gr | 117.8gr                | 116.6gr | 101.6gr                | 112.4gr | 107.7gr                | 100.6gr |
| PESO DE AGUA                          | 1.6gr                  | 2.5gr   | 3.8gr                  | 3.0gr   | 5.5gr                  | 5.5gr   | 4.9gr                  | 6.1gr   | 6.7gr                  | 5.6gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 54.4gr                 | 72.7gr  | 60.2gr                 | 50.8gr  | 65.4gr                 | 64.0gr  | 48.2gr                 | 60.5gr  | 58.6gr                 | 49.2gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 3.01%                  | 3.49%   | 6.25%                  | 5.81%   | 8.37%                  | 8.66%   | 10.25%                 | 10.16%  | 11.48%                 | 11.35%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 3.25%                  |         | 6.03%                  |         | 8.52%                  |         | 10.20%                 |         | 11.41%                 |         |



DMS = 1.98gr/cm<sup>3</sup>  
CHO = 8.41%



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VIAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE LA CARRETERA DE CUSCO A SAN SEBASTIÁN"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brityte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 50.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11919.0gr              | 11539.0gr              | 11441.0gr              |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4535.0gr               | 4155.0gr               | 4057.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.14gr/cm <sup>3</sup> | 1.96gr/cm <sup>3</sup> | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.05gr/cm <sup>3</sup> | 1.87gr/cm <sup>3</sup> | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 92.41gr                | 90.39gr                | 95.31gr                | 91.49gr | 95.32gr | 94.67gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 89.19gr                | 87.24gr                | 91.92gr                | 88.41gr | 92.06gr | 91.50gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.22gr                 | 3.15gr                 | 3.39gr                 | 3.08gr  | 3.26gr  | 3.17gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 71.95gr                | 69.93gr                | 69.78gr                | 66.45gr | 69.90gr | 69.42gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.48%                  | 4.51%                  | 4.86%                  | 4.64%   | 4.66%   | 4.56%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.50%                  |                        | 4.75%                  |         | 4.61%   |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12242.0gr | 12151.7gr | 12294.5gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 262.0gr   | 601.7gr   | 1084.5gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.19%     | 5.21%     | 9.67%     |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25      | 12            |       |               |         |               |         |         |       |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|-------|---------------|---------|---------------|---------|---------|-------|
| MOLDE N°              | 1               | 2       | 3             |       |               |         |               |         |         |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO | DIAL  | ESPONJAMIENTO | DIAL    | ESPONJAMIENTO |         |         |       |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg       | mm      | %             | 0.001pg | mm      | %     |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0           | 0       | 0.00%         | 0.0     | 0       | 0.00% |
| 03/12/2023            | 24              | 7.5     | 0.1905        | 0.16% | 11.1          | 0.28194 | 0.23%         | 12.1    | 0.30734 | 0.26% |
| 04/12/2023            | 48              | 14.1    | 0.35814       | 0.30% | 18.2          | 0.46228 | 0.39%         | 29.0    | 0.7366  | 0.61% |
| 05/12/2023            | 72              | 21.8    | 0.55372       | 0.46% | 27.4          | 0.69596 | 0.58%         | 29.1    | 0.73914 | 0.62% |
| 06/12/2023            | 96              | 25.3    | 0.64262       | 0.54% | 40.0          | 1.016   | 0.85%         | 42.9    | 1.08966 | 0.91% |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

| 1 kg=2.20462262000000 lb |                            | 56 GOLPES       |     |        | 25 GOLPES       |     |        | 12 GOLPES       |     |       |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|-----|--------|-----------------|-----|--------|-----------------|-----|-------|
| PENETRACION EN PULGADAS  | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | MOLDE N°        |     |        | MOLDE N°        |     |        | MOLDE N°        |     |       |
|                          |                            | CARGA DE ENSAYO |     |        | CARGA DE ENSAYO |     |        | CARGA DE ENSAYO |     |       |
|                          |                            | DIAL            | psi | %      | DIAL            | psi | %      | DIAL            | psi | %     |
| 0                        |                            | 0.0 Kg          | 0   | 0      | 0.0 Kg          | 0   | 0      | 0.0 Kg          | 0   | 0     |
| 0.025                    |                            | 62.5 Kg         | 46  |        | 52.1 Kg         | 38  |        | 32.6 Kg         | 24  |       |
| 0.050                    |                            | 111.3 Kg        | 82  |        | 92.8 Kg         | 68  |        | 56.6 Kg         | 42  |       |
| 0.075                    |                            | 155.0 Kg        | 114 |        | 126.0 Kg        | 93  |        | 76.6 Kg         | 56  |       |
| 0.100                    | 1000                       | 180.9 Kg        | 133 | 13.29% | 139.1 Kg        | 102 | 10.22% | 82.4 Kg         | 61  | 6.06% |
| 0.200                    | 1500                       | 223.1 Kg        | 164 | 10.93% | 181.4 Kg        | 133 | 8.89%  | 111.5 Kg        | 82  | 5.46% |
| 0.300                    | 1900                       | 249.0 Kg        | 183 | 9.63%  | 190.7 Kg        | 140 | 7.38%  | 126.2 Kg        | 93  | 4.88% |
| 0.400                    | 2300                       | 270.3 Kg        | 199 | 8.64%  | 219.2 Kg        | 161 | 7.00%  | 141.4 Kg        | 104 | 4.52% |
| 0.500                    | 2600                       | 322.4 Kg        | 215 | 8.26%  | 247.4 Kg        | 182 | 6.99%  | 150.4 Kg        | 111 | 4.25% |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
INGENIERO EN GEOTECNIA Y VIAL  
FARMACIA



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

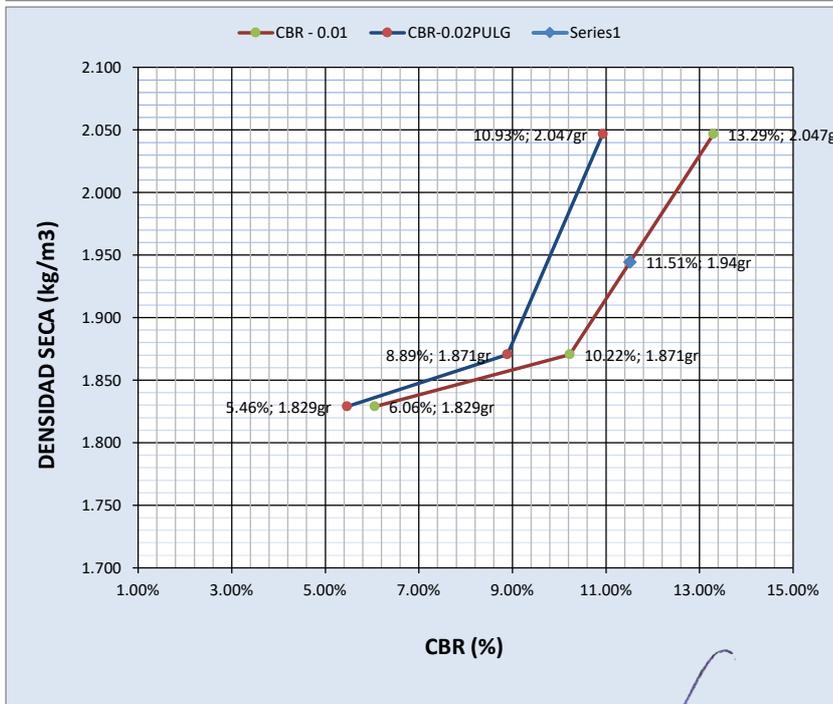
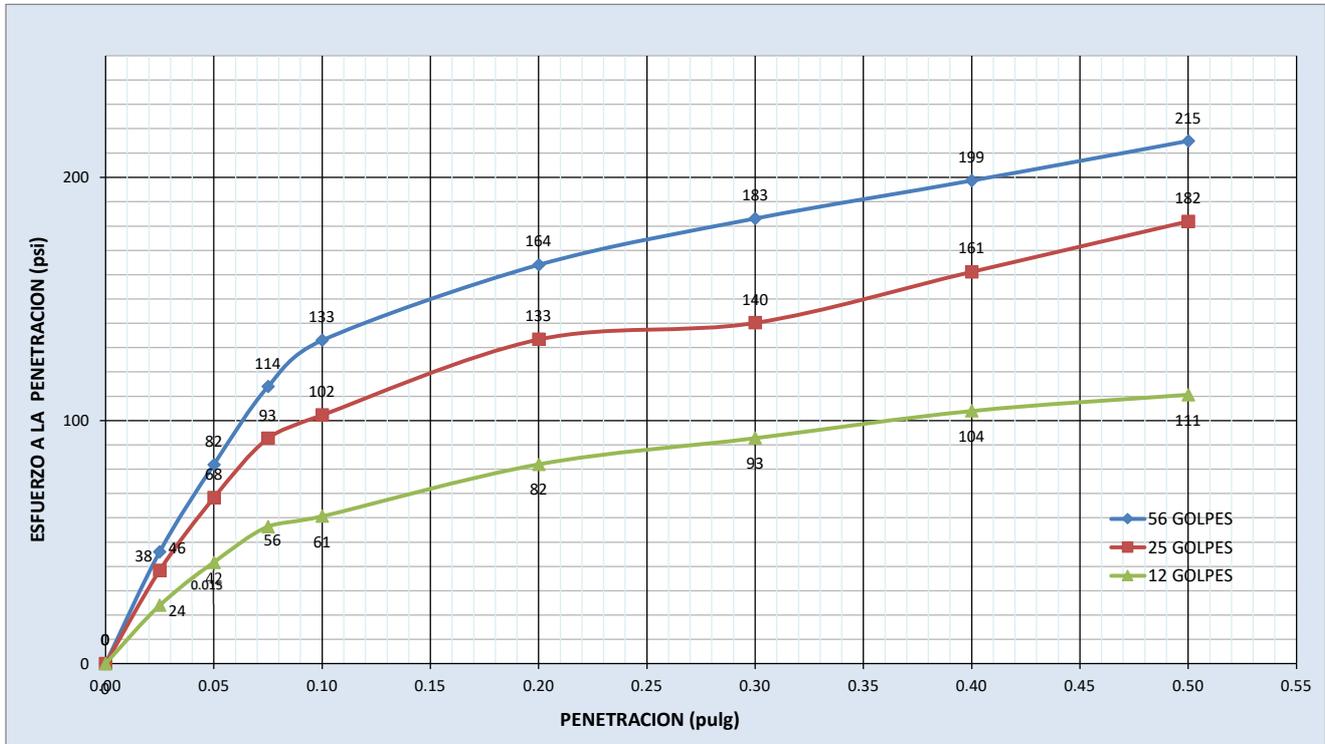
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORSION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLPES | 0.54%       | 2.19%       |
| 25 GOLPES | 0.85%       | 5.21%       |
| 12 GOLPES | 0.91%       | 9.67%       |

|   |        |
|---|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m <sup>3</sup> ) | 2.05gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)                        | 4.50%  |
| 95% MDS (kg/m <sup>3</sup> )              | 1.94gr |

|                     |        |                 |
|---------------------|--------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 13.29% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 11.51% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 13.29%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**BUENA**

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS  
TERRESTRES



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 50% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    |

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T) / T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 5.4 ml                                 | 100.0 ml        | 67.5 ml    | 32.6 ml    | 2.17000                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000007 |
| 2  | 24         | 8.6 ml                                 | 100.0 ml        | 60.8 ml    | 39.2 ml    | 2.61333                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000005 |
| 3  | 48         | 16.2 ml                                | 100.0 ml        | 39.9 ml    | 60.1 ml    | 4.00667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 4  | 72         | 23.8 ml                                | 100.0 ml        | 20.9 ml    | 79.1 ml    | 5.27333                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 5  | 96         | 37.8 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **9.46E-08** cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD: PRACTICAMENTE IMPERMEABLE**

ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**

**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

**RUC: 20610425098**

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

**DTO: Suelos**

**PROYECTO / TESIS**

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

**UBICACION**

|              |                      |              |              |             |              |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

**SOLICITANTE**

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
**CIP. 307704**  
**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES**

**EMS PARA CARRETERAS - SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307704)**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, MAYO 2023**

**CALICATA N°02**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

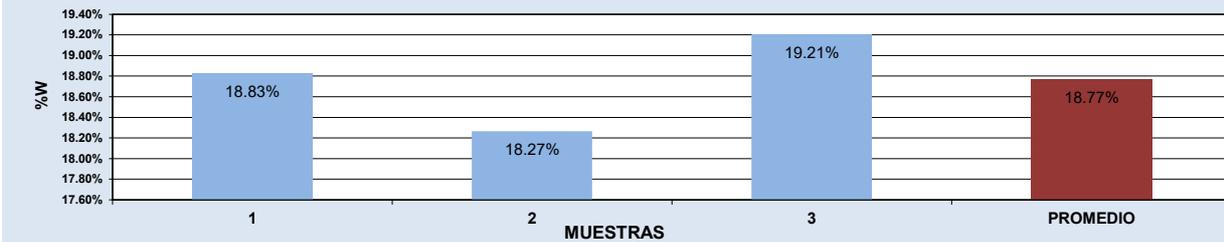
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.11  | 23.29  | 23.71  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.01  | 23.06  | 23.42  |               |
| peso de lata(gr)              | 22.50  | 21.81  | 21.92  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 0.51   | 1.25   | 1.50   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 0.61   | 1.48   | 1.79   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.10   | 0.23   | 0.29   |               |
| contenido de humedad          | 18.83% | 18.27% | 19.21% | <b>18.77%</b> |

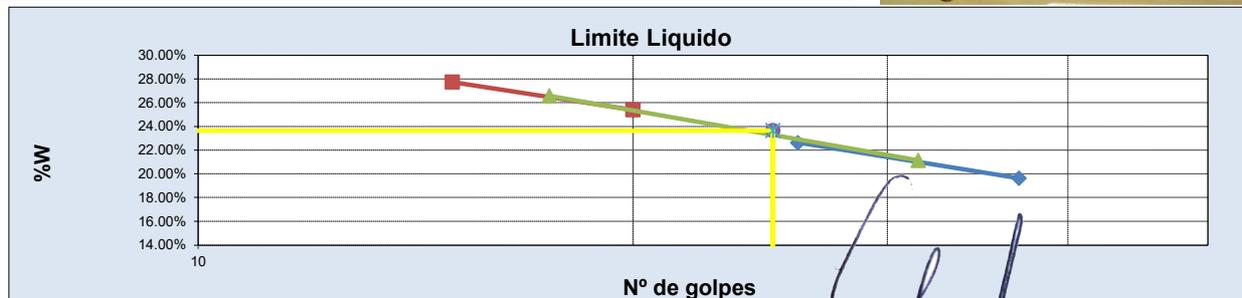


**LIMITE PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.37  | 42.64  | 47.86  | 49.98  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.89  | 38.90  | 42.65  | 43.88  |
| peso de lata(gr)                | 23.26  | 22.4   | 22.12  | 21.89  |
| peso de suelo seco(gr)          | 12.63  | 16.5   | 20.53  | 21.99  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 15.11  | 20.24  | 25.74  | 28.09  |
| peso de agua(gr)                | 2.48   | 3.74   | 5.21   | 6.10   |
| contenido de humedad            | 19.65% | 22.64% | 25.40% | 27.75% |
| Numero de golpes;N              | 37     | 26     | 20     | 15     |
| LL aproximado                   | 20.60  | 22.75  | 24.72  | 26.09  |



|     |       |
|-----|-------|
| LL= | 23.66 |
| LP= | 18.77 |
| IP= | 4.89  |

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VAS TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

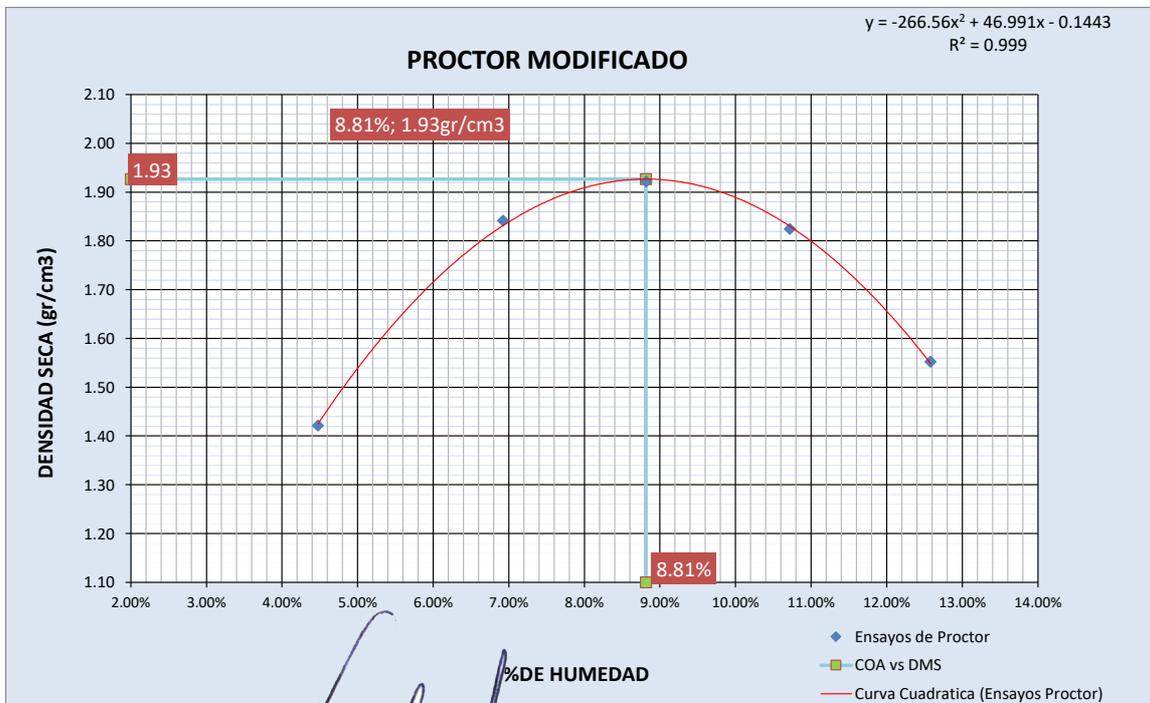
| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 50.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Diametro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |        |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|--------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |        | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |        | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |        | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA             |                        |         |                        |        |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5205.0gr               |         | 5661.0gr               |        | 5776.4gr               |         | 5709.0gr               |         | 5452.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |        | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1399.0gr               |         | 1855.0gr               |        | 1970.4gr               |         | 1903.0gr               |         | 1646.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |        | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.49gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.97gr/cm <sup>3</sup> |        | 2.09gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.02gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.75gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.42gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.84gr/cm <sup>3</sup> |        | 1.92gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.82gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.55gr/cm <sup>3</sup> |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                        |         |                        |        |                        |         |                        |         |                        |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| PESO RECIPIENTE                       | 1                      | 2       | 3                      | 4      | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 44.5gr                 | 46.2gr  | 45.8gr                 | 52.4gr | 52.9gr                 | 52.5gr  | 53.2gr                 | 52.3gr  | 51.4gr                 | 53.4gr  |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 113.9gr                | 105.8gr | 116.5gr                | 99.9gr | 99.3gr                 | 100.0gr | 106.8gr                | 124.7gr | 124.4gr                | 120.3gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.0gr                  | 2.5gr   | 4.6gr                  | 3.0gr  | 3.9gr                  | 3.7gr   | 5.5gr                  | 6.6gr   | 8.3gr                  | 7.3gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 66.5gr                 | 57.1gr  | 66.1gr                 | 44.4gr | 42.4gr                 | 43.9gr  | 48.1gr                 | 65.8gr  | 64.6gr                 | 59.6gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.49%                  | 4.46%   | 6.98%                  | 6.87%  | 9.20%                  | 8.44%   | 11.33%                 | 10.11%  | 12.90%                 | 12.26%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.48%                  |         | 6.93%                  |        | 8.82%                  |         | 10.72%                 |         | 12.58%                 |         |



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VIAS  
TERRESTRES



# CONGEOINGC EIRL.

## CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|          |        |
|----------|--------|
| CALICATA | C-02   |
| SUCS     | CL-ML  |
| CEMENTO  | 8.00%  |
| POMEZ    | 50.00% |

### ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

#### DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11866.0gr              | 11507.0gr              | 11385.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4482.0gr               | 4123.0gr               | 4001.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.11gr/cm <sup>3</sup> | 1.94gr/cm <sup>3</sup> | 1.89gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.02gr/cm <sup>3</sup> | 1.85gr/cm <sup>3</sup> | 1.80gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 95.89gr                | 88.71gr                | 95.81gr                | 95.57gr | 90.56gr | 94.67gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 92.19gr                | 85.60gr                | 92.32gr                | 92.07gr | 87.45gr | 91.33gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.70gr                 | 3.11gr                 | 3.49gr                 | 3.50gr  | 3.11gr  | 3.34gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 74.95gr                | 68.29gr                | 70.18gr                | 70.11gr | 65.29gr | 69.25gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.94%                  | 4.55%                  | 4.97%                  | 5.00%   | 4.77%   | 4.82%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.75%                  |                        | 4.99%                  |         | 4.80%   |         |

#### PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12243.3gr | 12123.8gr | 12226.4gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 263.3gr   | 573.8gr   | 1016.4gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.20%     | 4.97%     | 9.07%     |

#### DATOS DE ESPONJAMIENTO

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25            | 12      |               |         |               |         |
|-----------------------|-----------------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|
| MOLDE N°              | 1               | 2             | 3       |               |         |               |         |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | ESPONJAMIENTO |         | ESPONJAMIENTO |         | ESPONJAMIENTO |         |
|                       |                 | DIAL          | %       | DIAL          | %       | DIAL          | %       |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0           | 0.00%   | 0.0           | 0.00%   | 0.0           | 0.00%   |
| 03/12/2023            | 24              | 8.1           | 0.20574 | 11.7          | 0.29718 | 12.4          | 0.31496 |
| 04/12/2023            | 48              | 14.5          | 0.3683  | 18.6          | 0.47244 | 29.3          | 0.74422 |
| 05/12/2023            | 72              | 22.6          | 0.57404 | 28.5          | 0.7239  | 30.3          | 0.76962 |
| 06/12/2023            | 96              | 26.6          | 0.67564 | 43.8          | 1.11252 | 46.1          | 1.17094 |

#### DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |     |          | 25 GOLPES       |     |          | 12 GOLPES       |     |          |
|---|--|-----------------|-----|----------|-----------------|-----|----------|-----------------|-----|----------|
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |     |          | MOLDE N°        |     |          | MOLDE N°        |     |          |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PATR | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PATR | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PATR |
|   |  | DIAL            | psi | %        | DIAL            | psi | %        | DIAL            | psi | %        |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0   | 0        | 0.0 Kg          | 0   | 0        | 0.0 Kg          | 0   | 0        |
| 0.025                                   |  | 69.7 Kg         | 51  |          | 56.6 Kg         | 42  |          | 39.3 Kg         | 29  |          |
| 0.050                                   |  | 138.9 Kg        | 102 |          | 95.8 Kg         | 70  |          | 70.1 Kg         | 52  |          |
| 0.075                                   |  | 169.1 Kg        | 124 |          | 128.1 Kg        | 94  |          | 92.6 Kg         | 68  |          |
| 0.100                                   | 1000                                   | 191.4 Kg        | 141 | 14.07%   | 143.1 Kg        | 105 | 10.52%   | 101.1 Kg        | 74  | 7.43%    |
| 0.200                                   | 1500                                   | 206.2 Kg        | 152 | 10.10%   | 168.1 Kg        | 124 | 8.24%    | 120.4 Kg        | 88  | 5.90%    |
| 0.300                                   | 1900                                   | 214.0 Kg        | 157 | 8.28%    | 177.0 Kg        | 130 | 6.85%    | 124.7 Kg        | 92  | 4.82%    |
| 0.400                                   | 2300                                   | 225.7 Kg        | 166 | 7.21%    | 187.7 Kg        | 139 | 6.06%    | 131.2 Kg        | 96  | 4.19%    |
| 0.500                                   | 2600                                   | 236.3 Kg        | 174 | 6.58%    | 198.6 Kg        | 146 | 5.61%    | 153.4 Kg        | 113 | 4.34%    |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y OBRAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

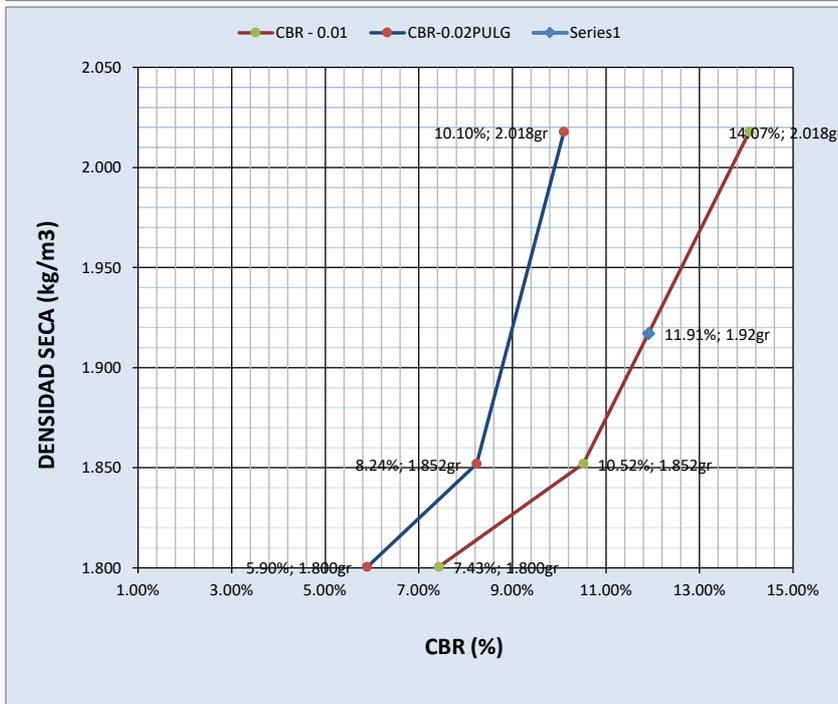
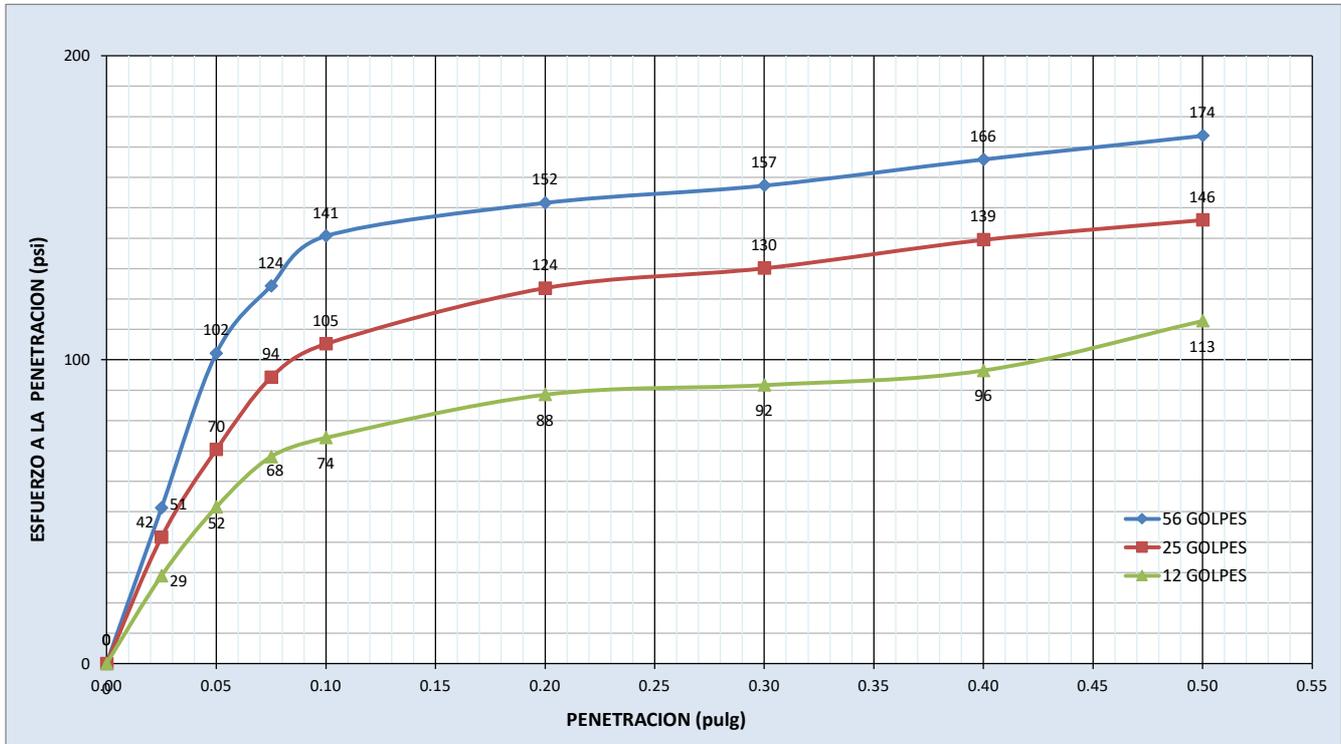
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORCION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLFES | 0.56%       | 2.20%       |
| 25 GOLFES | 0.93%       | 4.97%       |
| 12 GOLFES | 0.98%       | 9.07%       |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m3) | 2.02gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)           | 4.75%  |
| 95% MDS (kg/m3)              | 1.92gr |

|                     |        |                 |
|---------------------|--------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 14.07% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 11.91% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 14.07%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**BUENA**

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS TERRESTRES



**PROYECTO:** “INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigyte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 50% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    |

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 6.3 ml                                 | 100.0 ml        | 73.8 ml    | 26.2 ml    | 1.74637                  | 0.0000005 | 0.0000005         | 0.0000008 |
| 2  | 24         | 10.0 ml                                | 100.0 ml        | 66.5 ml    | 33.5 ml    | 2.23147                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000006 |
| 3  | 48         | 18.8 ml                                | 100.0 ml        | 43.7 ml    | 56.3 ml    | 3.75607                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000006 |
| 4  | 72         | 20.6 ml                                | 100.0 ml        | 22.9 ml    | 77.1 ml    | 5.14207                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000004 |
| 5  | 96         | 33.9 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidraulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **8.49E-08** cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD: PRACTICAMENTE IMPERMEABLE**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y OBRAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**

**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

**RUC: 20610425098**

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

**DTO: Suelos**

**PROYECTO / TESIS**

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

**UBICACION**

|              |                      |              |              |             |              |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

**SOLICITANTE**

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
**CIP. 307704**  
**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VÍAS TERRESTRES**

**EMS PARA CARRETERAS - SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307704)**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, MAYO 2023**

**CALICATA N°02**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigtte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 50.00% |

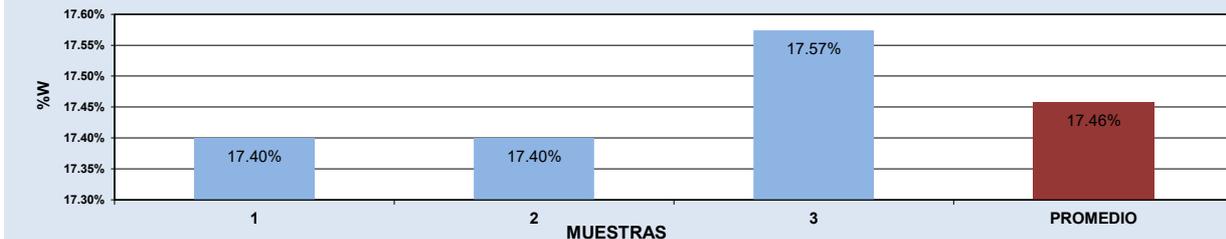
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.41  | 23.25  | 23.48  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.15  | 23.06  | 23.22  |               |
| peso de lata(gr)              | 21.63  | 21.95  | 21.75  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.52   | 1.11   | 1.47   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.78   | 1.30   | 1.73   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.26   | 0.19   | 0.26   |               |
| contenido de humedad          | 17.40% | 17.40% | 17.57% | <b>17.46%</b> |

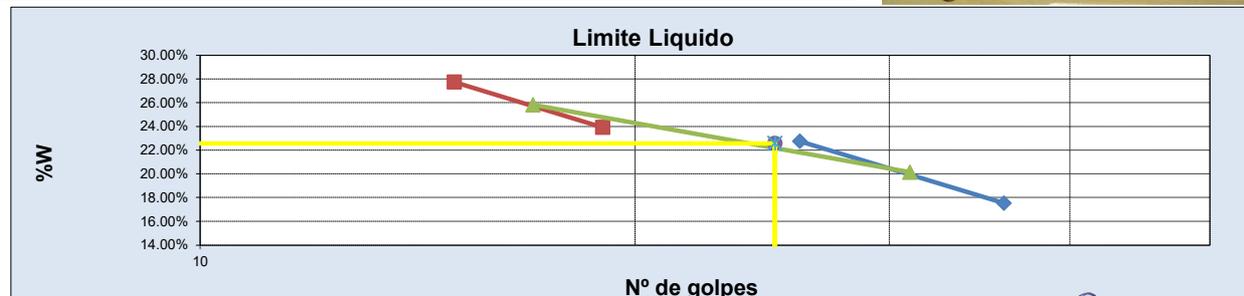


**LIMITE PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.13  | 42.41  | 44.97  | 50.03  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.88  | 38.85  | 40.75  | 44.00  |
| peso de lata(gr)                | 23.06  | 23.22  | 23.11  | 22.25  |
| peso de suelo seco(gr)          | 12.82  | 15.63  | 17.64  | 21.75  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 15.07  | 19.19  | 21.86  | 27.78  |
| peso de agua(gr)                | 2.25   | 3.56   | 4.22   | 6.03   |
| contenido de humedad            | 17.53% | 22.76% | 23.93% | 27.73% |
| Numero de golpes;N              | 36     | 26     | 19     | 15     |
| LL aproximado                   | 18.32  | 22.87  | 23.15  | 26.07  |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 22.58 |
| <b>LP=</b> | 17.46 |
| <b>IP=</b> | 5.12  |

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y OBRAS  
TIERRAS



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva  
**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023  
**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

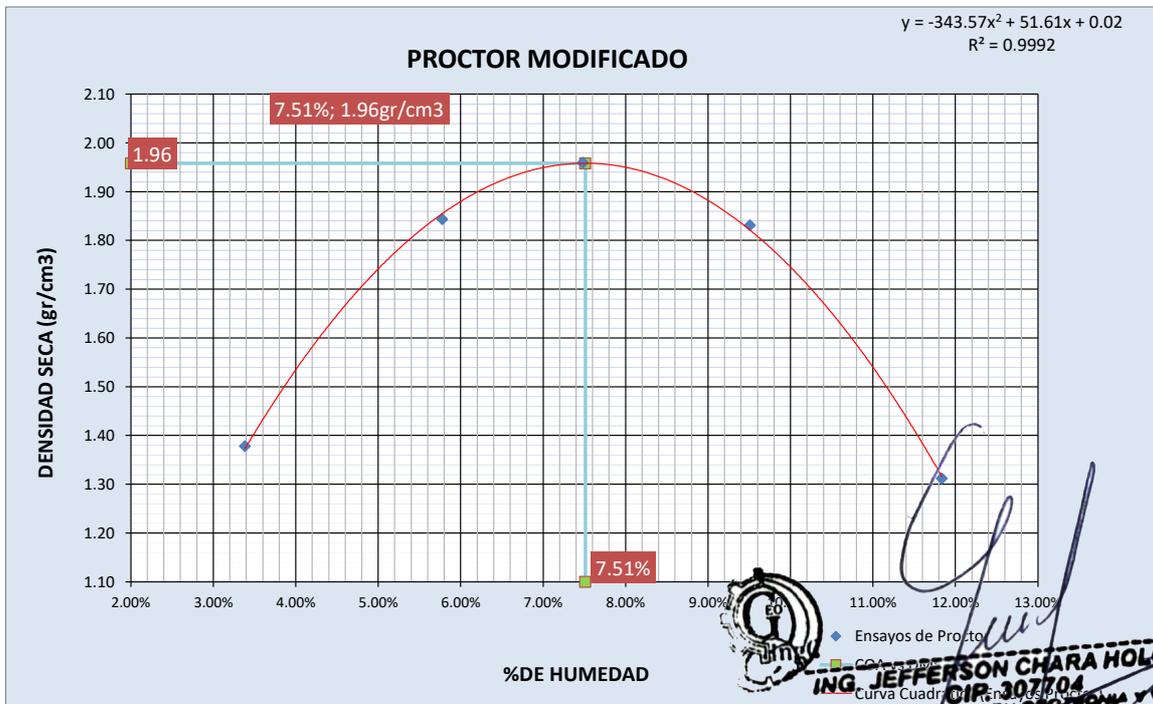
| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 50.00% |

| METODO                     |  | A                     |
|----------------------------|--|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |  |                       |
| Altura                     |  | 11.62cm               |
| Diametro                   |  | 10.16cm               |
| Volumen                    |  | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       |  | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz |  | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energia de compactacion 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| <b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>      |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5148.0gr               |         | 5643.0gr               |         | 5790.0gr               |         | 5695.0gr               |         | 5188.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1342.0gr               |         | 1837.0gr               |         | 1984.0gr               |         | 1889.0gr               |         | 1382.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.42gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.95gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.11gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.01gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.47gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.38gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.84gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.31gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 43.6gr                 | 47.1gr  | 45.8gr                 | 51.8gr  | 52.5gr                 | 52.1gr  | 53.4gr                 | 50.7gr  | 50.2gr                 | 53.9gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 114.8gr                | 119.7gr | 105.0gr                | 102.6gr | 111.2gr                | 103.4gr | 116.2gr                | 119.6gr | 111.8gr                | 125.1gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 112.4gr                | 117.4gr | 101.7gr                | 99.8gr  | 107.0gr                | 100.0gr | 110.5gr                | 113.9gr | 105.2gr                | 117.6gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.4gr                  | 2.3gr   | 3.3gr                  | 2.7gr   | 4.3gr                  | 3.4gr   | 5.7gr                  | 5.7gr   | 6.6gr                  | 7.5gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 68.8gr                 | 70.3gr  | 55.9gr                 | 48.1gr  | 54.4gr                 | 47.9gr  | 57.1gr                 | 63.2gr  | 55.0gr                 | 63.7gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 3.46%                  | 3.31%   | 5.86%                  | 5.69%   | 7.81%                  | 7.16%   | 9.95%                  | 9.07%   | 11.95%                 | 11.71%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 3.38%                  |         | 5.78%                  |         | 7.48%                  |         | 9.51%                  |         | 11.83%                 |         |





**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>CEMENTO</b>  | 8.00%  |
| <b>POMEZ</b>    | 50.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11880.0gr              |         | 11532.0gr              |         | 11404.0gr              |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         | 7384.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4496.0gr               |         | 4148.0gr               |         | 4020.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         | 2120.6gr               |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.12gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.90gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.04gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.88gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.82gr/cm <sup>3</sup> |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr                | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 92.27gr                | 89.90gr | 89.22gr                | 93.85gr | 94.12gr                | 89.64gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 89.39gr                | 87.08gr | 86.60gr                | 90.93gr | 91.22gr                | 87.15gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.88gr                 | 2.82gr  | 2.62gr                 | 2.92gr  | 2.90gr                 | 2.49gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 72.15gr                | 69.77gr | 64.46gr                | 68.97gr | 69.06gr                | 65.07gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 3.99%                  | 4.05%   | 4.07%                  | 4.23%   | 4.20%                  | 3.83%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.02%                  |         | 4.15%                  |         | 4.01%                  |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12250.7gr | 12144.3gr | 12265.0gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 270.7gr   | 594.3gr   | 1055.0gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.26%     | 5.15%     | 9.41%     |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

| N° DE GOLPES POR CAPA |                 | 56      |               |       | 25      |               |       | 12      |               |       |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|
| MOLDE N°              |                 | 1       |               |       | 2       |               |       | 3       |               |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% |
| 03/12/2023            | 24              | 8.2     | 0.20828       | 0.17% | 12.0    | 0.3048        | 0.25% | 12.8    | 0.32512       | 0.27% |
| 04/12/2023            | 48              | 15.3    | 0.38862       | 0.32% | 18.0    | 0.4572        | 0.38% | 28.7    | 0.72898       | 0.61% |
| 05/12/2023            | 72              | 23.3    | 0.59182       | 0.49% | 29.1    | 0.73914       | 0.62% | 30.6    | 0.77724       | 0.65% |
| 06/12/2023            | 96              | 27.0    | 0.6858        | 0.57% | 44.1    | 1.12014       | 0.93% | 46.1    | 1.17094       | 0.98% |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

| 1 kg=2.20462262000000 lb |                            | 56 GOLPES       |     |         | 25 GOLPES       |     |         | 12 GOLPES       |     |         |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|
| PENETRACION EN PULGADAS  | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         |
|                          |                            | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT |
|                          |                            | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       |
| 0                        |                            | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       |
| 0.025                    |                            | 80.4 Kg         | 59  |         | 63.4 Kg         | 47  |         | 51.5 Kg         | 38  |         |
| 0.050                    |                            | 135.8 Kg        | 100 |         | 113.4 Kg        | 83  |         | 87.9 Kg         | 65  |         |
| 0.075                    |                            | 168.9 Kg        | 124 |         | 138.5 Kg        | 102 |         | 108.1 Kg        | 79  |         |
| 0.100                    | 1000                       | 182.9 Kg        | 134 | 13.44%  | 155.5 Kg        | 114 | 11.43%  | 121.1 Kg        | 89  | 8.90%   |
| 0.200                    | 1500                       | 214.5 Kg        | 158 | 10.51%  | 161.3 Kg        | 119 | 7.90%   | 130.9 Kg        | 96  | 6.41%   |
| 0.300                    | 1900                       | 233.7 Kg        | 172 | 9.04%   | 174.1 Kg        | 128 | 6.73%   | 139.9 Kg        | 103 | 5.41%   |
| 0.400                    | 2300                       | 241.5 Kg        | 177 | 7.72%   | 195.9 Kg        | 144 | 6.26%   | 154.8 Kg        | 114 | 4.95%   |
| 0.500                    | 2600                       | 259.3 Kg        | 191 | 7.34%   | 212.0 Kg        | 156 | 5.99%   | 167.7 Kg        | 123 | 4.74%   |





**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

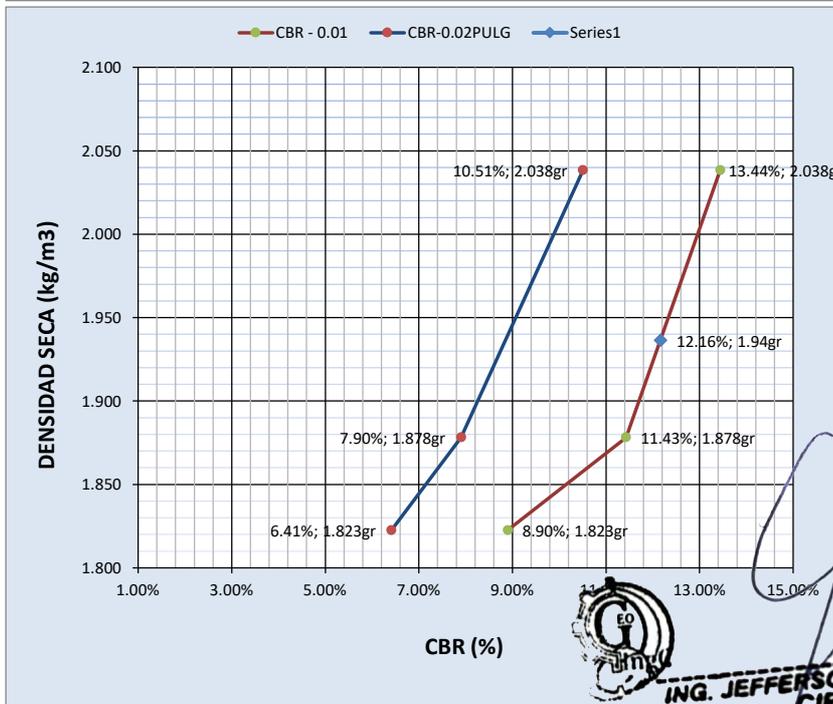
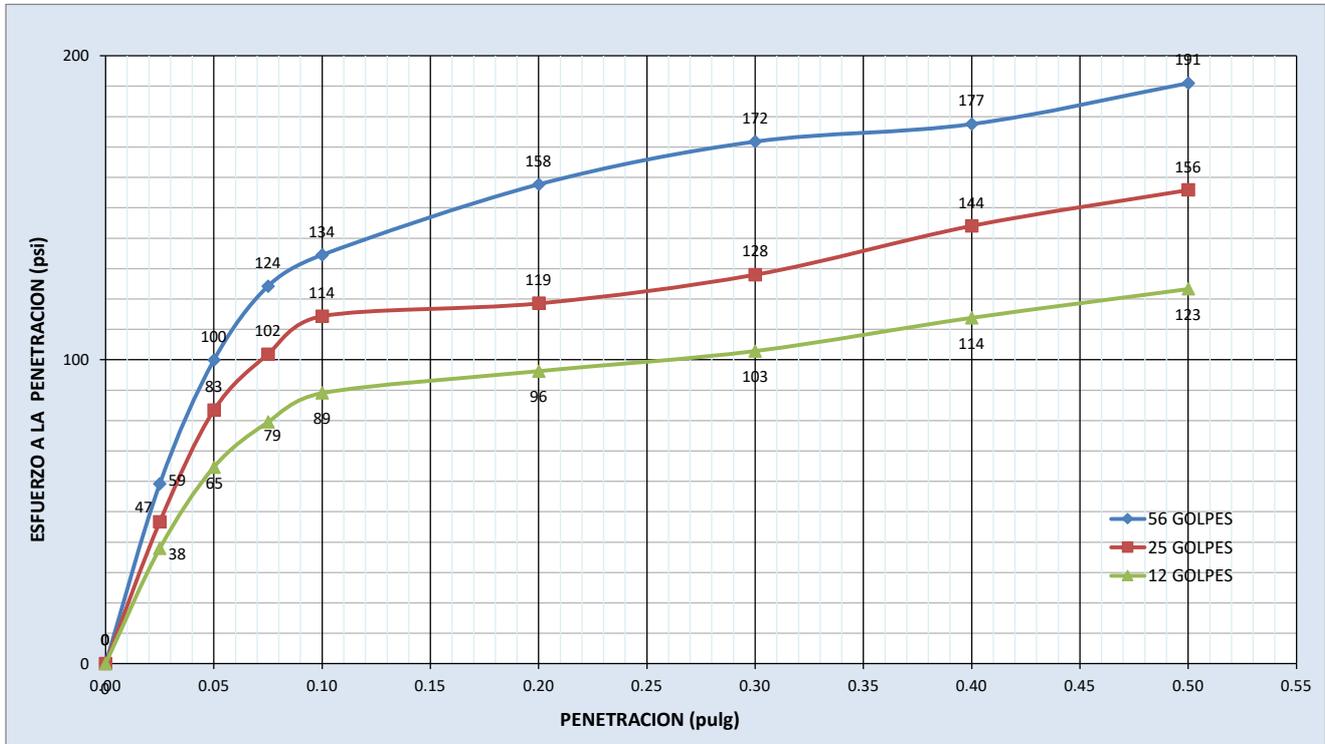
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORSION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLFES | 0.57%       | 2.26%       |
| 25 GOLFES | 0.93%       | 5.15%       |
| 12 GOLFES | 0.98%       | 9.41%       |

|   |        |
|---|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m <sup>3</sup> ) | 2.04gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)                        | 4.02%  |
| 95% MDS (kg/m <sup>3</sup> )              | 1.94gr |

|                     |        |                 |
|---------------------|--------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 13.44% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 12.16% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 13.44%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**BUENA**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y OBRAS  
TERRESTRES

ENCUENTRO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"



**CONGEOINGC EIRL.**  
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq - Cusco - Cusco

Cel: 921-126-988, 921-992-803



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|          |       |
|----------|-------|
| CALICATA | C-02  |
| SUCS     | CL-ML |

|        |     |
|--------|-----|
| ACEITE | 8%  |
| SABILA | 50% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                        |          |
|------------------------|----------|
| DIAMETRO DEL ESPECIMEN | 15.24 cm |
| TEMPERATURA DEL AGUA   | 18 °C    |

**CORRECCION POR TEMPERATURA**

1.05

ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L) 15.00 cm

AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A) 182.41 cm<sup>2</sup>

ml=cm

Coefficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t}$$

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

$$v = k * i$$

$$R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            |            | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) | Δh (h2-h1) |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 5.6 ml                                 | 100.0 ml        | 69.4 ml    | 30.6 ml    | 2.03960                  | 0.0000004 | 0.0000004         | 0.0000007 |
| 2  | 24         | 9.0 ml                                 | 100.0 ml        | 62.6 ml    | 37.4 ml    | 2.49579                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000006 |
| 3  | 48         | 16.9 ml                                | 100.0 ml        | 41.1 ml    | 58.9 ml    | 3.92953                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 4  | 72         | 24.8 ml                                | 100.0 ml        | 21.5 ml    | 78.5 ml    | 5.23293                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 5  | 96         | 39.5 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **9.87E-08** cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:**

**PRACTICAMENTE IMPERMEABLE**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS  
TERRESTRES



## CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos

### PROYECTO / TESIS

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

### UBICACION

|              |                      |              |              |             |              |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

### SOLICITANTE

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VÍAS TERRESTRES

**EMS PARA CARRETERAS - SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307704)**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, MAYO 2023**

**CALICATA N°02**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 75.00% |

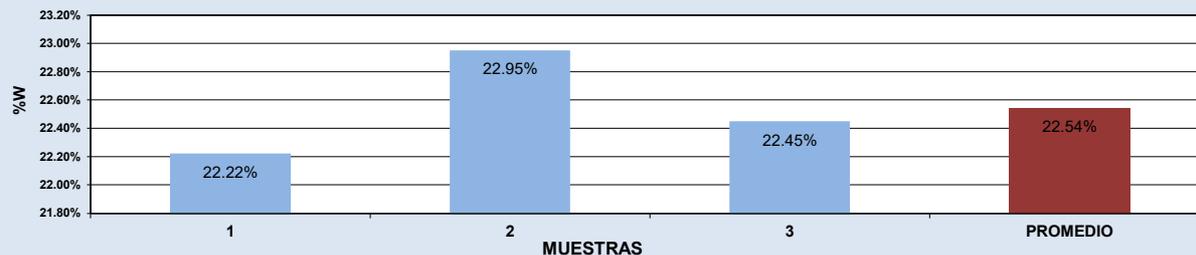
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 18.40  | 26.20  | 23.10  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 18.20  | 25.92  | 22.88  |               |
| peso de lata(gr)              | 17.30  | 24.70  | 21.90  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 0.90   | 1.22   | 0.98   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.10   | 1.50   | 1.20   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.20   | 0.28   | 0.22   |               |
| contenido de humedad          | 22.22% | 22.95% | 22.45% | <b>22.54%</b> |

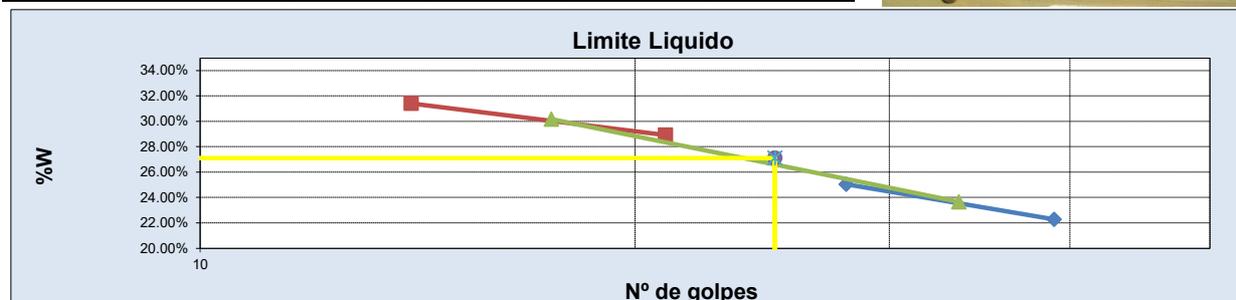


**LIMITE PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 51.10  | 48.30  | 39.70  | 39.80  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 45.78  | 43.05  | 35.75  | 35.52  |
| peso de lata(gr)                | 21.9   | 22.1   | 22.1   | 21.9   |
| peso de suelo seco(gr)          | 23.88  | 20.95  | 13.65  | 13.62  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 29.20  | 26.20  | 17.60  | 17.90  |
| peso de agua(gr)                | 5.32   | 5.25   | 3.95   | 4.28   |
| contenido de humedad            | 22.28% | 25.06% | 28.94% | 31.42% |
| Numero de golpes:N              | 39     | 28     | 21     | 14     |
| LL aproximado                   | 23.51  | 25.41  | 28.33  | 29.30  |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 27.13 |
| <b>LP=</b> | 22.54 |
| <b>IP=</b> | 4.59  |





**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

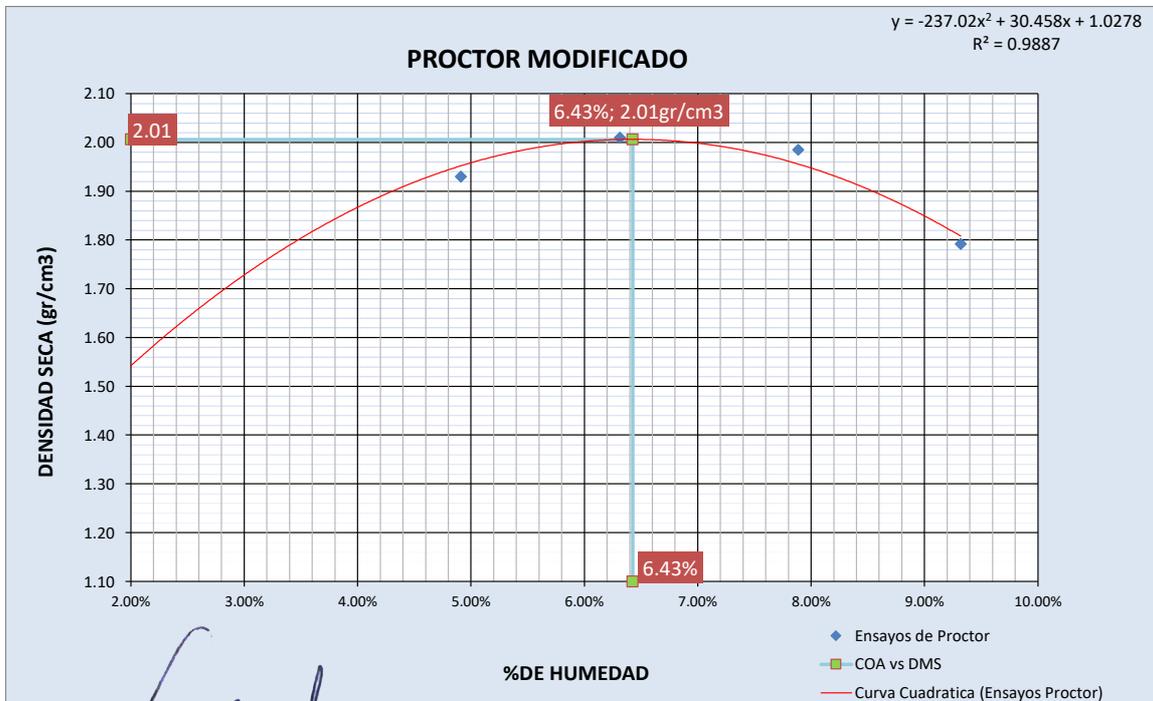
| CALICATA |        |
|----------|--------|
| C-02     |        |
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 75.00% |

| METODO                     |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |
| Altura                     | 11.62cm               |
| Diametro                   | 10.16cm               |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactacion 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
|                                       | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA             |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5290.0gr               |         | 5713.0gr               |         | 5818.6gr               |         | 5823.0gr               |         | 5651.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1484.0gr               |         | 1907.0gr               |         | 2012.6gr               |         | 2017.0gr               |         | 1845.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.58gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.02gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.14gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.14gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.54gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.93gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.01gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.98gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.79gr/cm <sup>3</sup> |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                 | ABAJO   |
| PESO RECIPIENTE                       | 1                      | 2       | 3                      | 4       | 5                      | 6       | 7                      | 8       | 9                      | 10      |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 44.0gr                 | 45.4gr  | 46.0gr                 | 51.9gr  | 52.5gr                 | 53.5gr  | 53.3gr                 | 53.0gr  | 48.6gr                 | 52.9gr  |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 101.2gr                | 112.4gr | 113.3gr                | 108.3gr | 106.7gr                | 120.6gr | 109.5gr                | 105.7gr | 112.5gr                | 111.1gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 100.2gr                | 111.1gr | 110.0gr                | 105.8gr | 103.5gr                | 116.6gr | 105.4gr                | 101.8gr | 107.1gr                | 106.2gr |
| PESO DE AGUA                          | 1.1gr                  | 1.3gr   | 3.3gr                  | 2.5gr   | 3.2gr                  | 4.0gr   | 4.1gr                  | 3.8gr   | 5.5gr                  | 4.9gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 56.2gr                 | 65.6gr  | 64.0gr                 | 53.9gr  | 51.0gr                 | 63.1gr  | 52.0gr                 | 48.8gr  | 58.5gr                 | 53.3gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 1.93%                  | 2.03%   | 5.15%                  | 4.67%   | 6.21%                  | 6.41%   | 7.92%                  | 7.86%   | 9.35%                  | 9.29%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 1.98%                  |         | 4.91%                  |         | 6.31%                  |         | 7.89%                  |         | 9.32%                  |         |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VAS  
TERRESTRES



# CONGEOINGC EIRL.

## CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>CEMENTO</b>  | 8.00%  |
| <b>POMEZ</b>    | 75.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

### ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

#### DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11917.0gr              | 11540.0gr              | 11444.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4533.0gr               | 4156.0gr               | 4060.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.14gr/cm <sup>3</sup> | 1.96gr/cm <sup>3</sup> | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.05gr/cm <sup>3</sup> | 1.88gr/cm <sup>3</sup> | 1.83gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 91.04gr                | 95.13gr                | 92.79gr                | 94.73gr | 94.28gr | 94.91gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 88.14gr                | 91.80gr                | 89.84gr                | 91.62gr | 91.20gr | 91.90gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.90gr                 | 3.33gr                 | 2.95gr                 | 3.11gr  | 3.08gr  | 3.01gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 70.90gr                | 74.49gr                | 67.70gr                | 69.66gr | 69.04gr | 69.82gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.09%                  | 4.47%                  | 4.36%                  | 4.47%   | 4.46%   | 4.31%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.28%                  |                        | 4.41%                  |         | 4.38%   |         |

#### PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12259.0gr | 12179.3gr | 12302.3gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 279.0gr   | 629.3gr   | 1092.3gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.33%     | 5.45%     | 9.74%     |

#### DATOS DE ESPONJAMIENTO

| N° DE GOLPES POR CAPA |                 | 56      |               |       | 25      |               |       | 12      |               |       |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|
| MOLDE N°              |                 | 1       |               |       | 2       |               |       | 3       |               |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% |
| 03/12/2023            | 24              | 7.6     | 0.19304       | 0.16% | 11.2    | 0.28448       | 0.24% | 12.9    | 0.32766       | 0.27% |
| 04/12/2023            | 48              | 14.3    | 0.36322       | 0.30% | 18.5    | 0.4699        | 0.39% | 29.1    | 0.73914       | 0.62% |
| 05/12/2023            | 72              | 23.3    | 0.59182       | 0.49% | 28.1    | 0.71374       | 0.59% | 29.9    | 0.75946       | 0.63% |
| 06/12/2023            | 96              | 26.4    | 0.67056       | 0.56% | 42.7    | 1.08458       | 0.90% | 42.6    | 1.08204       | 0.90% |

#### DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

| 1 kg=2.20462262000000 lb                |  | 56 GOLPES       |     |         | 25 GOLPES       |     |         | 12 GOLPES       |     |         |
|---|--|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|
| Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas |  | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         |
| PENETRACION EN PULGADAS                 | CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup> (psi) | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT |
|   |  | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       |
| 0                                       |  | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       |
| 0.025                                   |  | 69.5 Kg         | 51  |         | 56.6 Kg         | 42  |         | 42.3 Kg         | 31  |         |
| 0.050                                   |  | 121.2 Kg        | 89  |         | 97.8 Kg         | 72  |         | 75.4 Kg         | 55  |         |
| 0.075                                   |  | 164.8 Kg        | 121 |         | 131.3 Kg        | 96  |         | 103.6 Kg        | 76  |         |
| 0.100                                   | 1000                                   | 192.4 Kg        | 141 | 14.14%  | 144.8 Kg        | 106 | 10.64%  | 112.1 Kg        | 82  | 8.24%   |
| 0.200                                   | 1500                                   | 10.7 Kg         | 155 | 10.32%  | 167.4 Kg        | 123 | 8.20%   | 135.6 Kg        | 100 | 6.64%   |
| 0.300                                   | 1900                                   | 229.0 Kg        | 168 | 8.86%   | 195.5 Kg        | 144 | 7.56%   | 146.0 Kg        | 107 | 5.65%   |
| 0.400                                   | 2300                                   | 240.0 Kg        | 176 | 7.67%   | 221.5 Kg        | 163 | 7.08%   | 153.2 Kg        | 113 | 4.89%   |
| 0.500                                   | 2800                                   | 253.0 Kg        | 186 | 7.15%   | 231.9 Kg        | 170 | 6.55%   | 175.0 Kg        | 129 | 4.95%   |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y MAS  
TERMINALES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

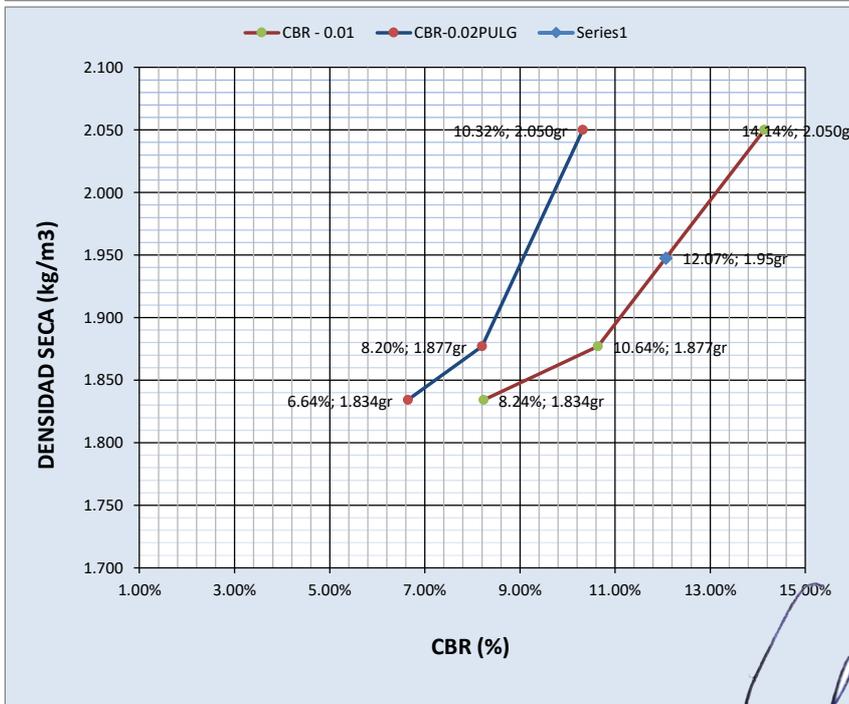
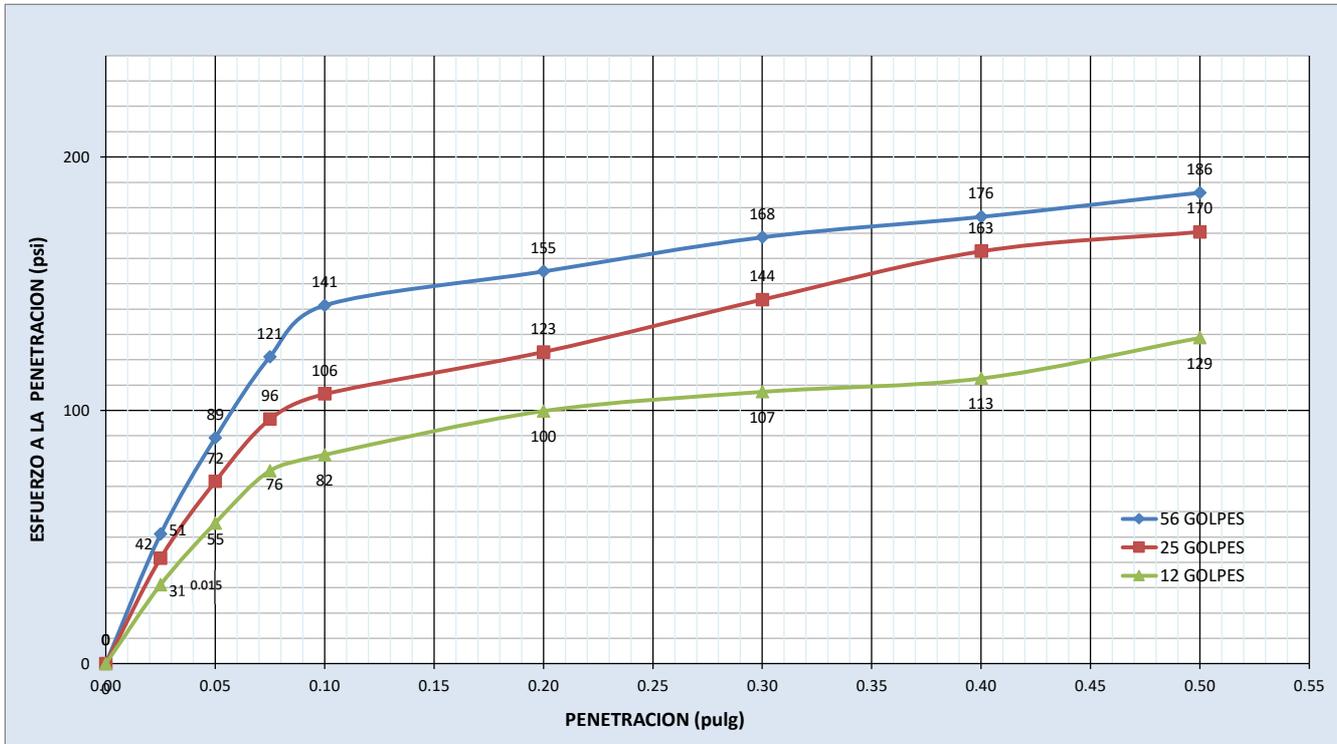
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORSION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLPES | 0.56%       | 2.33%       |
| 25 GOLPES | 0.90%       | 5.45%       |
| 12 GOLPES | 0.90%       | 9.74%       |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m3) | 2.05gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)           | 4.28%  |
| 95% MDS (kg/m3)              | 1.95gr |

|                     |        |                 |
|---------------------|--------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 14.14% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 12.07% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 14.14%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**BUENA**

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS  
TERRESTRES



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggitte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 75% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    |

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

ml=cm

Coefficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 4.8 ml                                 | 100.0 ml        | 63.9 ml    | 36.1 ml    | 2.40667                  | 0.0000003 | 0.0000003         | 0.0000006 |
| 2  | 24         | 7.7 ml                                 | 100.0 ml        | 57.6 ml    | 42.4 ml    | 2.82667                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000005 |
| 3  | 48         | 14.4 ml                                | 100.0 ml        | 37.8 ml    | 62.2 ml    | 4.14667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 4  | 72         | 21.1 ml                                | 100.0 ml        | 19.8 ml    | 80.2 ml    | 5.34667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000004 |
| 5  | 96         | 33.6 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **8.40E-08** cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD: PRACTICAMENTE IMPERMEABLE**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS  
YERRENTRES



**CONGEOINGC EIRL.**

**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

**RUC: 20610425098**

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

**DTO: Suelos**

**PROYECTO / TESIS**

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

**UBICACION**

|              |                      |              |              |             |              |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

**SOLICITANTE**

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
**CIP. 307704**  
**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS TERRESTRES**

**EMS PARA CARRETERAS - SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307704)**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, MAYO 2023**

**CALICATA N°02**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 75.00% |

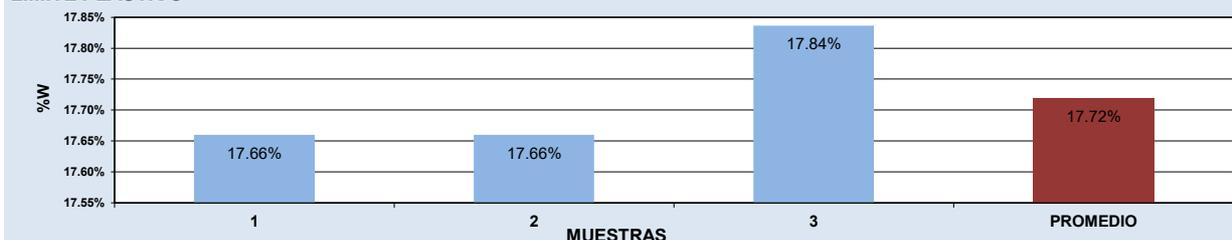
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO |
|-------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.72  | 23.82  | 23.14  |          |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.49  | 23.49  | 23.04  |          |
| peso de lata(gr)              | 22.17  | 21.63  | 22.46  |          |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.32   | 1.86   | 0.58   |          |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.55   | 2.19   | 0.68   |          |
| peso de agua(gr)              | 0.23   | 0.33   | 0.10   |          |
| contenido de humedad          | 17.66% | 17.66% | 17.84% | 17.72%   |



**LIMITE PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 38.27  | 42.10  | 47.11  | 52.59  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 35.80  | 38.62  | 42.25  | 46.20  |
| peso de lata(gr)                | 21.75  | 22.22  | 22.15  | 21.59  |
| peso de suelo seco(gr)          | 14.05  | 16.4   | 20.1   | 24.61  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 16.52  | 19.88  | 24.96  | 31.00  |
| peso de agua(gr)                | 2.47   | 3.48   | 4.86   | 6.39   |
| contenido de humedad            | 17.55% | 21.22% | 24.16% | 25.97% |
| Numero de golpes;N              | 39     | 26     | 19     | 13     |
| LL aproximado                   | 18.52  | 21.32  | 23.37  | 24.00  |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 21.97 |
| <b>LP=</b> | 17.72 |
| <b>IP=</b> | 4.25  |

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
**CIP. 307704**  
**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS**  
**TERRESTRES**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva  
**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023  
**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación SUCS= CL-ML  
Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

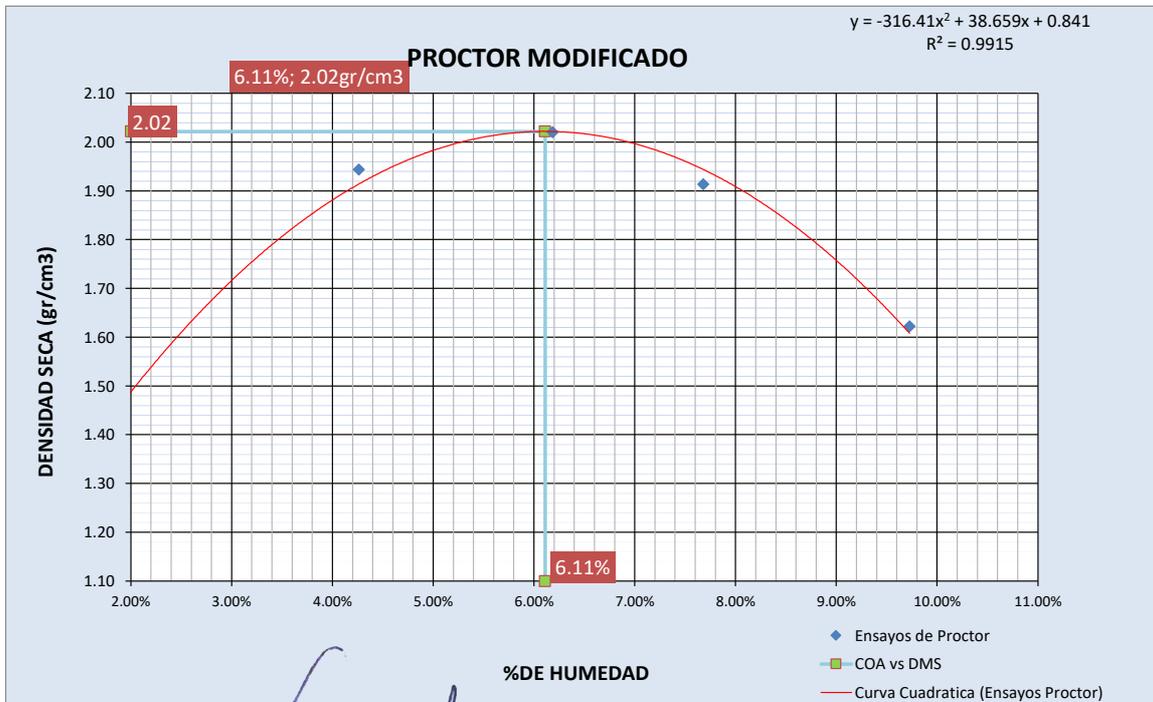
| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 75.00% |

| METODO                     | A                     |
|----------------------------|-----------------------|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |
| Altura                     | 11.62cm               |
| Diametro                   | 10.16cm               |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |
| Peso                       | 3806.00gr             |
| Material pasante del tamiz | N4                    |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactacion 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |        |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|--------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
|                                       | 1                      |        | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| MOLDE N°                              | 1                      |        | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |        | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |        | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA             |                        |        |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5176.0gr               |        | 5715.0gr               |         | 5826.5gr               |         | 5747.0gr               |         | 5483.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |        | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |         | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1370.0gr               |        | 1909.0gr               |         | 2020.5gr               |         | 1941.0gr               |         | 1677.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |        | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.45gr/cm <sup>3</sup> |        | 2.03gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.14gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.06gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.78gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.43gr/cm <sup>3</sup> |        | 1.94gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.02gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.91gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.62gr/cm <sup>3</sup> |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                        |        |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                 | ABAJO  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA                 | ABAJO   |
| PESO RECIPIENTE                       | 43.9gr                 | 46.5gr | 45.9gr                 | 53.2gr  | 54.2gr                 | 53.3gr  | 52.2gr                 | 51.3gr  | 48.5gr                 | 53.6gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 118.7gr                | 99.3gr | 100.2gr                | 120.3gr | 105.2gr                | 116.4gr | 110.6gr                | 119.7gr | 114.3gr                | 106.8gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 117.1gr                | 98.6gr | 97.9gr                 | 117.6gr | 102.3gr                | 112.7gr | 106.3gr                | 115.0gr | 108.3gr                | 102.2gr |
| PESO DE AGUA                          | 1.6gr                  | 0.8gr  | 2.3gr                  | 2.7gr   | 3.0gr                  | 3.7gr   | 4.3gr                  | 4.7gr   | 6.0gr                  | 4.6gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 73.2gr                 | 52.0gr | 52.1gr                 | 64.4gr  | 48.0gr                 | 59.4gr  | 54.1gr                 | 63.7gr  | 59.8gr                 | 48.6gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 2.18%                  | 1.46%  | 4.34%                  | 4.19%   | 6.18%                  | 6.19%   | 7.93%                  | 7.43%   | 10.01%                 | 9.44%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 1.82%                  |        | 4.26%                  |         | 6.19%                  |         | 7.68%                  |         | 9.73%                  |         |



DMS = 2.02gr/cm<sup>3</sup>  
CHO = 6.11%



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS  
TERRESTRES



# CONGEOINGC EIRL. CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>CEMENTO</b>  | 8.00%  |
| <b>POMEZ</b>    | 75.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

### DATOS DE COMPACTACION

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11836.0gr              | 11455.0gr              | 11357.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4452.0gr               | 4071.0gr               | 3973.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.10gr/cm <sup>3</sup> | 1.92gr/cm <sup>3</sup> | 1.87gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.01gr/cm <sup>3</sup> | 1.84gr/cm <sup>3</sup> | 1.80gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 91.79gr                | 91.40gr                | 90.92gr                | 92.32gr | 88.09gr | 90.68gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 88.69gr                | 88.32gr                | 87.96gr                | 89.25gr | 85.38gr | 87.97gr |
| PESO DE AGUA                          | 3.10gr                 | 3.08gr                 | 2.96gr                 | 3.07gr  | 2.71gr  | 2.71gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 71.45gr                | 71.01gr                | 65.82gr                | 67.29gr | 63.22gr | 65.89gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.34%                  | 4.34%                  | 4.49%                  | 4.57%   | 4.29%   | 4.12%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 4.34%                  |                        | 4.53%                  |         | 4.20%   |         |

### PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12218.3gr | 12067.8gr | 12216.7gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 238.3gr   | 517.8gr   | 1006.7gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 1.99%     | 4.48%     | 8.98%     |

### DATOS DE ESPONJAMIENTO

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              | 25              | 12                    |       |                 |                       |       |                 |                       |       |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-------|-----------------|-----------------------|-------|-----------------|-----------------------|-------|
| MOLDE N°              | 1               | 2               | 3                     |       |                 |                       |       |                 |                       |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | 1               |                       |       | 2               |                       |       | 3               |                       |       |
|                       |                 | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm % |       | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm % |       | DIAL<br>0.001pg | ESPONJAMIENTO<br>mm % |       |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0             | 0                     | 0.00% | 0.0             | 0                     | 0.00% | 0.0             | 0                     | 0.00% |
| 03/12/2023            | 24              | 8.3             | 0.21082               | 0.18% | 11.8            | 0.29972               | 0.25% | 12.5            | 0.3175                | 0.26% |
| 04/12/2023            | 48              | 14.5            | 0.3683                | 0.31% | 19.3            | 0.49022               | 0.41% | 29.4            | 0.74676               | 0.62% |
| 05/12/2023            | 72              | 23.6            | 0.59944               | 0.50% | 29.1            | 0.73914               | 0.62% | 30.7            | 0.77978               | 0.65% |
| 06/12/2023            | 96              | 26.7            | 0.67818               | 0.57% | 45.4            | 1.15316               | 0.96% | 47.9            | 1.21666               | 1.01% |

### DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

| 1 kg=2.20462262000000 lb |                            | 56 GOLPES       |     |          | 25 GOLPES       |     |          | 12 GOLPES       |     |          |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|-----|----------|-----------------|-----|----------|-----------------|-----|----------|
| PENETRACION EN PULGADAS  | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | MOLDE N°        |     |          | MOLDE N°        |     |          | MOLDE N°        |     |          |
|                          |                            | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PATR | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PATR | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PATR |
|                          |                            | DIAL            | psi | %        | DIAL            | psi | %        | DIAL            | psi | %        |
| 0                        |                            | 0.0 Kg          | 0   | 0        | 0.0 Kg          | 0   | 0        | 0.0 Kg          | 0   | 0        |
| 0.025                    |                            | 92.2 Kg         | 68  |          | 75.7 Kg         | 56  |          | 58.2 Kg         | 43  |          |
| 0.050                    |                            | 156.0 Kg        | 115 |          | 123.9 Kg        | 91  |          | 95.3 Kg         | 70  |          |
| 0.075                    |                            | 179.1 Kg        | 132 |          | 142.8 Kg        | 105 |          | 114.2 Kg        | 84  |          |
| 0.100                    | 1000                       | 194.1 Kg        | 143 | 14.26%   | 150.4 Kg        | 111 | 11.05%   | 123.2 Kg        | 91  | 9.05%    |
| 0.200                    | 1500                       | 218.5 Kg        | 161 | 10.70%   | 168.5 Kg        | 124 | 8.26%    | 141.9 Kg        | 104 | 6.95%    |
| 0.300                    | 1900                       | 238.3 Kg        | 175 | 9.22%    | 184.9 Kg        | 136 | 7.15%    | 157.0 Kg        | 115 | 6.07%    |
| 0.400                    | 2300                       | 259.1 Kg        | 190 | 8.28%    | 197.4 Kg        | 145 | 6.31%    | 168.6 Kg        | 124 | 5.39%    |
| 0.500                    | 2600                       | 269.7 Kg        | 198 | 7.62%    | 209.0 Kg        | 154 | 5.91%    | 174.1 Kg        | 128 | 4.92%    |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAL  
TRANSPORTES



**CONGEOINGC E.I.R.L.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

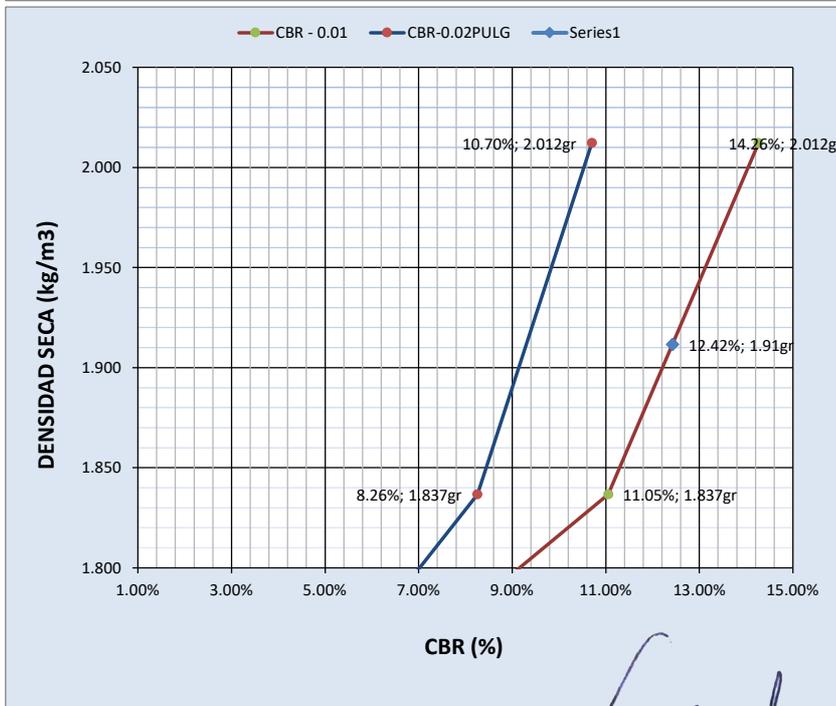
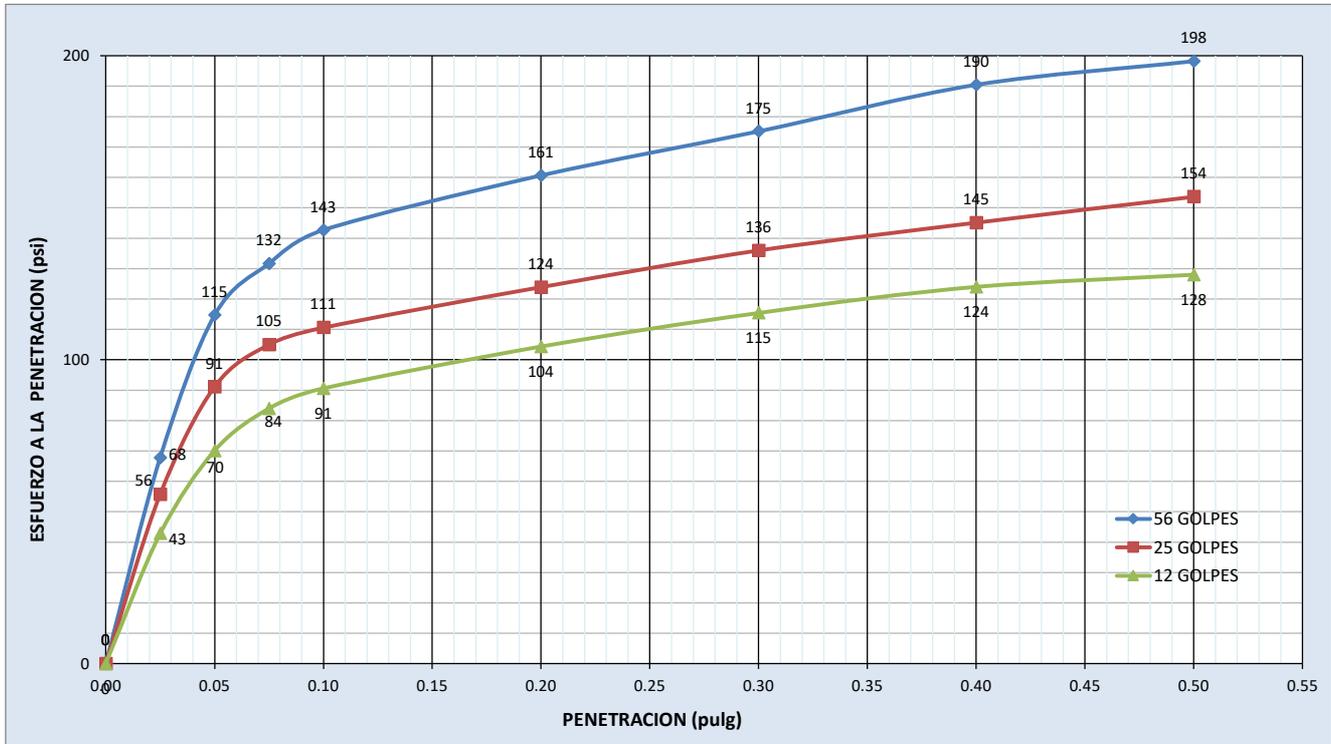
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORCION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLPES | 0.57%       | 1.99%       |
| 25 GOLPES | 0.96%       | 4.48%       |
| 12 GOLPES | 1.01%       | 8.98%       |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m3) | 2.01gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)           | 4.34%  |
| 95% MDS (kg/m3)              | 1.91gr |

|                     |        |                 |
|---------------------|--------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 14.26% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 12.42% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 14.26%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**BUENA**

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VAS  
TERRESTRES



**CONGEINGC EIRL.**  
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

congeingc@gmail.com - www.congeingc.com

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq - Cusco - Cusco

Cel: 921-126-988, 921-992-803



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 75% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    |

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t}$$

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

$$v = k * i$$

$$R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

ml=cm  
Coeficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 5.4 ml                                 | 100.0 ml        | 70.1 ml    | 29.9 ml    | 1.99238                  | 0.0000003 | 0.0000004         | 0.0000007 |
| 2  | 24         | 8.7 ml                                 | 100.0 ml        | 63.2 ml    | 36.8 ml    | 2.45323                  | 0.0000002 | 0.0000002         | 0.0000006 |
| 3  | 48         | 16.3 ml                                | 100.0 ml        | 41.5 ml    | 58.5 ml    | 3.90160                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 4  | 72         | 23.9 ml                                | 100.0 ml        | 21.7 ml    | 78.3 ml    | 5.21830                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 5  | 96         | 38.0 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidráulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **9.49E-08** cm/s

**FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD: PRACTICAMENTE IMPERMEABLE**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VÍAS  
TERRESTRES



## CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos

### PROYECTO / TESIS

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO”**

### UBICACION

|              |                      |              |              |             |              |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>DIST.</b> | <b>SAN SEBASTIAN</b> | <b>PROV.</b> | <b>CUSCO</b> | <b>DEP.</b> | <b>CUSCO</b> |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|

### SOLICITANTE

**Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES

**EMS PARA CARRETERAS - SUBRASANTE**

**MTC / ASTM / AASHTO**

**PROFESIONAL RESPONSABLE**

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN (CIP:307704)**

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

**CUSCO, MAYO 2023**

**CALICATA N°02**



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>ACEITE</b>   | 8.00%  |
| <b>SABILA</b>   | 75.00% |

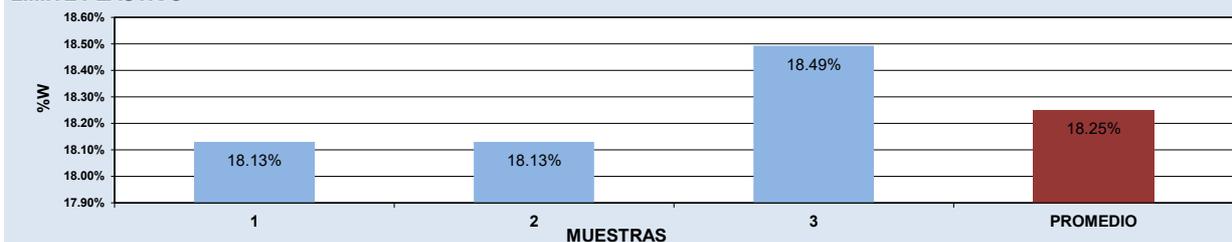
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                    | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| peso de suelo hum. + lata(gr) | 23.88  | 23.09  | 24.26  |               |
| peso de suelo seco + lata(gr) | 23.68  | 23.01  | 24.00  |               |
| peso de lata(gr)              | 22.56  | 22.59  | 22.57  |               |
| peso de suelo seco(gr)        | 1.12   | 0.42   | 1.43   |               |
| peso de suelo humedo(gr)      | 1.32   | 0.50   | 1.69   |               |
| peso de agua(gr)              | 0.20   | 0.08   | 0.26   |               |
| contenido de humedad          | 18.13% | 18.13% | 18.49% | <b>18.25%</b> |



**LIMITE PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)**

| Nº de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| peso de suelo humedo + lata(gr) | 39.00  | 41.23  | 45.73  | 48.22  |
| peso de suelo seco + lata(gr)   | 36.35  | 37.88  | 41.00  | 42.75  |
| peso de lata(gr)                | 21.78  | 23.19  | 22.31  | 22.66  |
| peso de suelo seco(gr)          | 14.57  | 14.69  | 18.69  | 20.09  |
| peso de suelo humedo(gr)        | 17.22  | 18.04  | 23.42  | 25.56  |
| peso de agua(gr)                | 2.65   | 3.35   | 4.73   | 5.47   |
| contenido de humedad            | 18.20% | 22.83% | 25.29% | 27.24% |
| Numero de golpes;N              | 35     | 26     | 19     | 17     |
| LL aproximado                   | 18.96  | 22.93  | 24.46  | 26.00  |



|            |       |
|------------|-------|
| <b>LL=</b> | 23.04 |
| <b>LP=</b> | 18.25 |
| <b>IP=</b> | 4.79  |



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y OBRAS  
TERRESTRES



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**  
RUC: 20610425098  
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco  
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com  
Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

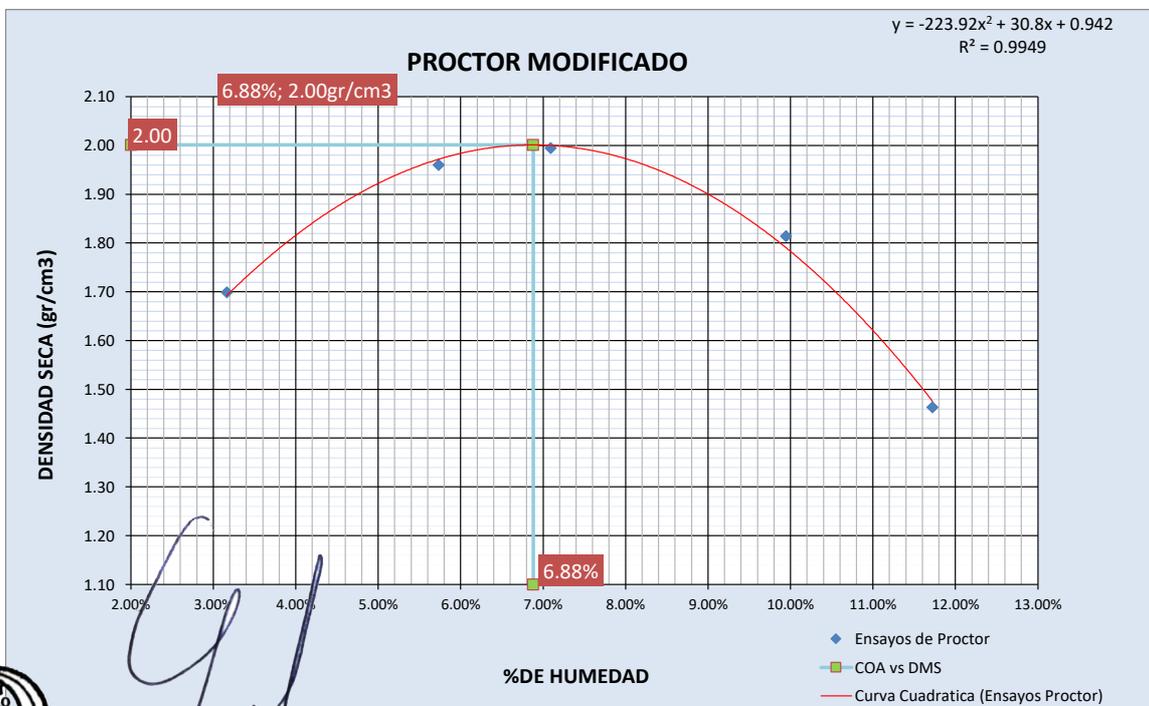
| CALICATA | C-02   |
|----------|--------|
| SUCS     | CL-ML  |
| ACEITE   | 8.00%  |
| SABILA   | 75.00% |

| METODO                     |                       | A |
|----------------------------|-----------------------|---|
| DATOS DEL MOLDE            |                       |   |
| Altura                     | 11.62cm               |   |
| Diametro                   | 10.16cm               |   |
| Volumen                    | 942.07cm <sup>3</sup> |   |
| Peso                       | 3806.00gr             |   |
| Material pasante del tamiz | N4                    |   |

### PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

| FECHA:                                | MUESTRA N°             |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
|---------------------------------------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| MOLDE N°                              | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         | 1                      |         |
| NUMERO DE CAPAS                       | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         | 5                      |         |
| N° DE GOLPES POR CAPA                 | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         | 25                     |         |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA             |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 5457.0gr               |         | 5758.0gr               |         | 5818.5gr               |         | 5685.0gr               |         | 5346.0gr               |         |
| PESO MOLDE                            | 3806.0gr               |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 1651.0gr               |         | 1952.0gr               |         | 2012.5gr               |         | 1879.0gr               |         | 1540.0gr               |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 942.07cm <sup>3</sup>  |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         | 942.1gr                |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 1.75gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.07gr/cm <sup>3</sup> |         | 2.14gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.99gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.63gr/cm <sup>3</sup> |         |
| DENSIDAD SECA                         | 1.70gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.96gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.99gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.81gr/cm <sup>3</sup> |         | 1.46gr/cm <sup>3</sup> |         |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |                        |         |
| RECIPIENTE N°                         | ARRIBA                 | ABAJO   |
| 1                                     | 2                      | 3       | 4                      | 5       | 6                      | 7       | 8                      | 9       | 10                     | 10      |
| PESO RECIPIENTE                       | 42.8gr                 | 46.4gr  | 46.1gr                 | 51.5gr  | 55.0gr                 | 51.7gr  | 54.1gr                 | 53.5gr  | 50.3gr                 | 53.5gr  |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 105.4gr                | 108.8gr | 105.4gr                | 112.6gr | 107.4gr                | 118.5gr | 112.6gr                | 100.1gr | 105.8gr                | 117.6gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 103.5gr                | 106.9gr | 102.0gr                | 109.4gr | 103.9gr                | 114.2gr | 107.2gr                | 96.0gr  | 99.8gr                 | 111.1gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.0gr                  | 1.9gr   | 3.3gr                  | 3.2gr   | 3.6gr                  | 4.3gr   | 5.5gr                  | 4.1gr   | 6.0gr                  | 6.5gr   |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 60.7gr                 | 60.5gr  | 56.0gr                 | 57.9gr  | 48.9gr                 | 62.5gr  | 53.1gr                 | 42.5gr  | 49.5gr                 | 57.6gr  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 3.22%                  | 3.11%   | 5.93%                  | 5.54%   | 7.30%                  | 6.89%   | 10.30%                 | 9.59%   | 12.09%                 | 11.35%  |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 3.16%                  |         | 5.73%                  |         | 7.09%                  |         | 9.95%                  |         | 11.72%                 |         |



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VAS  
TERRESTRES

DMS = 2.00gr/cm<sup>3</sup>  
CHO = 6.88%



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25%, 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Brigytte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

Clasificación SUCS= CL-ML

**UBICACIÓN:** CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN

Clasificación ASTTHO= A-4(4)

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>CALICATA</b> | C-02   |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML  |
| <b>CEMENTO</b>  | 8.00%  |
| <b>POMEZ</b>    | 75.00% |

| DATOS DEL MOLDE (cm) |                        |
|----------------------|------------------------|
| Altura               | 12.00cm                |
| Diametro             | 15.00cm                |
| Volumen              | 2120.58cm <sup>3</sup> |
| Peso                 | 7384.00gr              |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002**

| MOLDE N°              | 1  | 2  | 3  |
|-----------------------|----|----|----|
| NUMERO DE CAPAS       | 5  | 5  | 5  |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | 25 | 12 |

**DATOS DE COMPACTACION**

|                                       |                        |                        |                        |         |         |         |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE       | 11899.0gr              | 11576.0gr              | 11451.0gr              |         |         |         |
| PESO MOLDE                            | 7384.0gr               | 7384.0gr               | 7384.0gr               |         |         |         |
| PESO MUESTRA HUMEDA                   | 4515.0gr               | 4192.0gr               | 4067.0gr               |         |         |         |
| CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)             | 2120.6gr               | 2120.6gr               | 2120.6gr               |         |         |         |
| DENSIDAD HUMEDAD                      | 2.13gr/cm <sup>3</sup> | 1.98gr/cm <sup>3</sup> | 1.92gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| DENSIDAD SECA                         | 2.05gr/cm <sup>3</sup> | 1.91gr/cm <sup>3</sup> | 1.85gr/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>           | ARRIBA                 | ABAJO                  | ARRIBA                 | ABAJO   | ARRIBA  | ABAJO   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                      | 2                      | 3                      | 4       | 5       | 6       |
| PESO RECIPIENTE                       | 17.24gr                | 17.31gr                | 22.14gr                | 21.96gr | 22.16gr | 22.08gr |
| PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE  | 94.11gr                | 89.26gr                | 93.75gr                | 87.87gr | 94.61gr | 91.24gr |
| PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE | 91.31gr                | 86.73gr                | 91.04gr                | 85.63gr | 91.87gr | 88.80gr |
| PESO DE AGUA                          | 2.80gr                 | 2.53gr                 | 2.71gr                 | 2.24gr  | 2.74gr  | 2.44gr  |
| PESO DE MUESTRA SECA                  | 74.07gr                | 69.42gr                | 68.90gr                | 63.67gr | 69.71gr | 66.72gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 3.78%                  | 3.64%                  | 3.94%                  | 3.52%   | 3.93%   | 3.65%   |
| CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD            | 3.71%                  |                        | 3.73%                  |         | 3.79%   |         |

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA**

| N° DE GOLPES POR CAPA                              | 56        | 25        | 12        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| MOLDE N°   | 1         | 2         | 3         |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION | 12264.3gr | 12210.4gr | 12288.1gr |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION   | 11980.0gr | 11550.0gr | 11210.0gr |
| PESO DE AGUA ABSORVIDA                             | 284.3gr   | 660.4gr   | 1078.1gr  |
| PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA                       | 2.37%     | 5.72%     | 9.62%     |

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

| N° DE GOLPES POR CAPA | 56              |         |               | 25    |         |               | 12    |         |               |       |
|-----------------------|-----------------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|---------|---------------|-------|
| MOLDE N°              | 1               |         |               | 2     |         |               | 3     |         |               |       |
| FECHA Y HORA          | TIEMPO EN HORAS | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       | DIAL    | ESPONJAMIENTO |       |
|                       |                 | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     | 0.001pg | mm            | %     |
| 02/12/2023            | 0               | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% | 0.0     | 0             | 0.00% |
| 03/12/2023            | 24              | 8.5     | 0.2159        | 0.18% | 12.1    | 0.30734       | 0.26% | 12.9    | 0.32766       | 0.27% |
| 04/12/2023            | 48              | 15.6    | 0.39624       | 0.33% | 18.4    | 0.46736       | 0.39% | 28.7    | 0.72898       | 0.61% |
| 05/12/2023            | 72              | 24.0    | 0.6096        | 0.51% | 30.1    | 0.76454       | 0.64% | 31.9    | 0.81026       | 0.68% |
| 06/12/2023            | 96              | 27.6    | 0.70104       | 0.58% | 44.5    | 1.1303        | 0.94% | 47.3    | 1.20142       | 1.00% |

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION**

| 1 kg=2.20462262000000 lb |                            | 56 GOLPES       |     |         | 25 GOLPES       |     |         | 12 GOLPES       |     |         |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|---------|
| PENETRACION EN PULGADAS  | CARGAS TIPO lb/pulg2 (psi) | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         | MOLDE N°        |     |         |
|                          |                            | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT | CARGA DE ENSAYO |     | CBR/PAT |
|                          |                            | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       | DIAL            | psi | %       |
| 0                        |                            | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       | 0.0 Kg          | 0   | 0       |
| 0.025                    |                            | 92.1 Kg         | 68  |         | 75.4 Kg         | 55  |         | 56.3 Kg         | 41  |         |
| 0.050                    |                            | 145.8 Kg        | 107 |         | 120.1 Kg        | 88  |         | 93.6 Kg         | 69  |         |
| 0.075                    |                            | 173.9 Kg        | 128 |         | 140.2 Kg        | 103 |         | 111.5 Kg        | 82  |         |
| 0.100                    | 1000                       | 191.9 Kg        | 140 | 14.04%  | 158.0 Kg        | 116 | 11.61%  | 121.0 Kg        | 89  | 8.89%   |
| 0.200                    | 1500                       | 209.8 Kg        | 151 | 10.08%  | 175.8 Kg        | 129 | 8.61%   | 137.0 Kg        | 101 | 6.71%   |
| 0.300                    | 1900                       | 231.1 Kg        | 160 | 8.44%   | 185.2 Kg        | 136 | 7.16%   | 146.7 Kg        | 108 | 5.67%   |
| 0.400                    | 2300                       | 236.3 Kg        | 174 | 7.55%   | 195.4 Kg        | 144 | 6.24%   | 148.5 Kg        | 109 | 4.74%   |
| 0.500                    | 2600                       | 247.7 Kg        | 182 | 7.00%   | 205.9 Kg        | 151 | 5.82%   | 166.1 Kg        | 122 | 4.69%   |



**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VIAS  
PUBLICAS



**CONGEOINGC EIRL.**  
**CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL**

RUC: 20610425098

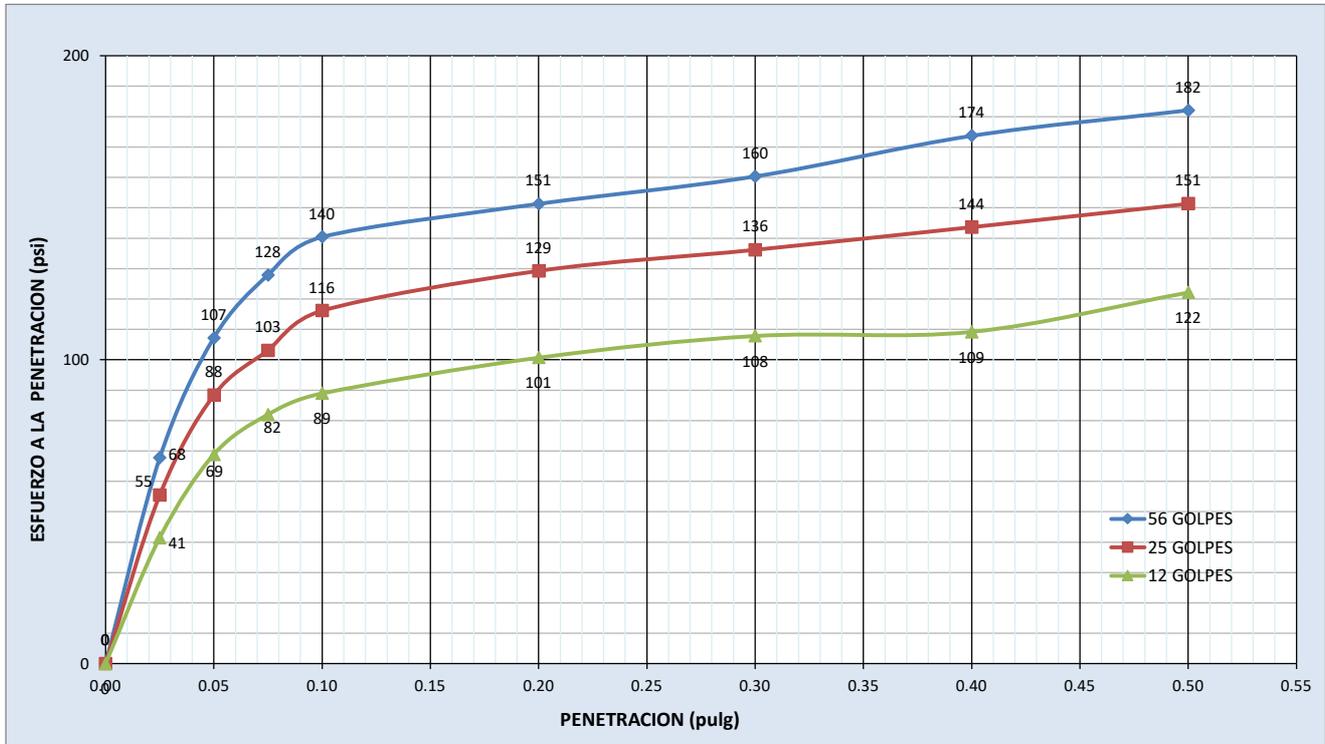
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



**RESULTADOS**

|           | % EXPANSION | % ABSORSION |
|-----------|-------------|-------------|
| 56 GOLFES | 0.58%       | 2.37%       |
| 25 GOLFES | 0.94%       | 5.72%       |
| 12 GOLFES | 1.00%       | 9.62%       |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m3) | 2.05gr |
| HUMEDAD OPTIMA (%)           | 3.71%  |
| 95% MDS (kg/m3)              | 1.95gr |

|                     |        |                 |
|---------------------|--------|-----------------|
| CBR AL 100% DE MDS= | 14.04% | OK <sub>i</sub> |
| CBR AL 95% DE MDS=  | 12.34% |                 |

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

**CBR= 14.04%**

El material de SUBRASANTE se considera:  
**BUENA**

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"

**ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN**  
**CIP. 307704**  
**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y VAS**  
**TERRESTRES**



**CONGEINGC EIRL.**  
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

congeingc@gmail.com - www.congeingc.com

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq - Cusco - Cusco

Cel: 921-126-988, 921-992-803



**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR AL 8% Y MUCÍLAGO DE SÁBILA AL 25% 50% Y 75% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN SUELO COHESIVO A NIVEL DE SUBRASANTE DE CARRETERA EN EL SECTOR DE ALTO QOSQO, DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN - CUSCO"

**SOLICITANTE:** Eric Hammer Quecaño Lopez y Briggte Yamileth Fernandez Silva

**FECHA:** CUSCO, MAYO 2023

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X               | Y       |
| 182971          | 8503378 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| <b>CALICATA</b> | C-02  |
| <b>SUCS</b>     | CL-ML |

|               |     |
|---------------|-----|
| <b>ACEITE</b> | 8%  |
| <b>SABILA</b> | 75% |

**PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE ASTM D2434-22**

**DATOS DE ENTRADA:**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| <b>DIAMETRO DEL ESPECIMEN</b> | 15.24 cm |
| <b>TEMPERATURA DEL AGUA</b>   | 18 °C    |

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>CORRECCION POR TEMPERATURA</b>       | 1.05                   |
| <b>ALTURA INICIAL DEL ESPECIMEN (L)</b> | 15.00 cm               |
| <b>AREA SECCIONAL DEL ESPECIMEN (A)</b> | 182.41 cm <sup>2</sup> |

ml=cm

Coefficiente de permeabilidad = Conductividad hidraulica

Ecuaciones a considerar:

$$k = \frac{\Delta V * L}{A * \Delta h * \Delta t} \quad i = \frac{\Delta h}{L} \quad v = k * i \quad R_T = 2.2902(0.9842^T)/T^{0.1702}$$

| N° | Δt (Horas) | SALIDA DEL AGUA EN PESO O VOLUMEN (ΔV) | COLUMNA DE AGUA |            | Δh (h2-h1) | GRADIENTE HIDRAULICO (i) | k (cm/s)  | kcorregido (cm/s) | v (m/s)   |
|----|------------|--|-----------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|    |            |  | INICIAL (h1)    | FINAL (h2) |            |                          |           |                   |           |
| 1  | 12         | 5.1 ml                                 | 100.0 ml        | 76.3 ml    | 23.7 ml    | 1.57689                  | 0.0000004 | 0.0000004         | 0.0000006 |
| 2  | 24         | 8.1 ml                                 | 100.0 ml        | 68.8 ml    | 31.2 ml    | 2.07870                  | 0.0000002 | 0.0000003         | 0.0000005 |
| 3  | 48         | 15.2 ml                                | 100.0 ml        | 45.2 ml    | 54.8 ml    | 3.65581                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 4  | 72         | 22.3 ml                                | 100.0 ml        | 23.7 ml    | 76.3 ml    | 5.08955                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000005 |
| 5  | 96         | 35.5 ml                                | 100.0 ml        | 0.0 ml     | 100.0 ml   | 6.66667                  | 0.0000001 | 0.0000001         | 0.0000006 |

**CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA vs TIEMPO**



**Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).**

| Grado de permeabilidad    | Conductividad hidraulica cm/s       |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Elevada                   | Superior a 10 <sup>-1</sup>         |
| Media                     | 10 <sup>-1</sup> a 10 <sup>-3</sup> |
| Baja                      | 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup> |
| Muy baja                  | 10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup> |
| Practicamente impermeable | menor de 10 <sup>-7</sup>           |

VALOR OBTENIDO **8.89E-08** cm/s

FINALMENTE SE TIENE UNA PERMEABILIDAD:

**PRACTICAMENTE IMPERMEABLE**



ING. JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
CIP. 307704  
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y VIAS  
TERRESTRES