



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Aplicación de Cal Hidratada con ceniza de madera para la estabilidad  
de la subrasante en la carretera Larampuquio – Accocapillapata,  
Ayacucho, 2022.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Bach. Bautista Gomez, Joel Ulises ([orcid.org/0000-0001-5851-8975](https://orcid.org/0000-0001-5851-8975))

**ASESOR:**

Ing. Canta Honores, Jorge Luis ([orcid.org/0000-0002-9232-1359](https://orcid.org/0000-0002-9232-1359))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

*A mi hermanos y padres que son la razón de seguir adelante y que me enseñaron a no darme por vencido a pesar de todas las adversidades que se me presentan día a día.*

## **Agradecimiento**

“Gracias a todas las personas que me apoyaron en la elaboración de esta investigación para hacerlo realidad.

“Gracias a mis familiares por el apoyo incondicional durante el desarrollo de mi investigación”.

## Índice de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>18</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2. Variables y operacionalización.....	19
3.3. Población, muestra y muestreo.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Procedimientos.....	22
3.6. Método de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos.....	31
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>58</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>69</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Número de calicatas para exploración de acuerdo al tipo de carretera ..	12
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de suelos granulares según AASHTO.....	14
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de suelos limo-arcilloso según AASHTO.....	14
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de suelos según el sistema unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S .....	15
<b>Tabla 5.</b> Clasificación y uso del suelo según el valor de su CBR. ....	17
<b>Tabla 6.</b> Total de ensayos a realizar a las muestras de suelo de las calicatas.....	21
<b>Tabla 7.</b> Resumen de las características físico-mecánicas de las muestras analizadas .....	33
<b>Tabla 8.</b> Resultado del tamizado de ceniza de madera y cal hidratada.....	34
<b>Tabla 9.</b> Propiedades de los suelos en estudio.....	36
<b>Tabla 10.</b> Ensayos de Proctor modificado.....	38
<b>Tabla 11.</b> Ensayos de resistencia .....	39
<b>Tabla 12.</b> Resultados del ensayo de Proctor modificado CC-1 .....	40
<b>Tabla 13.</b> Resultados del ensayo de Proctor modificado CC-4 .....	42
<b>Tabla 14.</b> Resultados del ensayo a compresión simple de la CC-1.....	44
<b>Tabla 15.</b> Resultados del ensayo a compresión simple de la CC-4.....	46
<b>Tabla 16.</b> CBR al 95% y CBR al 100% de las muestras de la CC-1.....	47
<b>Tabla 17.</b> CBR al 95% y CBR al 100% de las muestras de la CC-4.....	49
<b>Tabla 18.</b> Prueba de normalidad para la máxima densidad seca .....	50
<b>Tabla 19.</b> Análisis de la varianza para la máxima densidad seca .....	51
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza para el óptimo contenido de humedad.....	53
<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza para la resistencia a la compresión simple .....	54
<b>Tabla 22.</b> Prueba de Tukey de la resistencia a la compresión simple .....	55
<b>Tabla 23.</b> Análisis de varianza para el CBR al 95% de la MDS.....	56
<b>Tabla 24.</b> Prueba de Tukey del CBR al 95% de la MDS .....	56

## Índice de figuras

Figura 1. Límites de consistencia .....	16
Figura 2. Curva de Proctor .....	16
Figura 3. Localización de la zona de estudio .....	23
Figura 4. Calicata de estudio para la obtención de muestras .....	24
Figura 5. Cuarteo de la muestra de suelo de la calicata 1 .....	25
Figura 6. Tamizado de muestra de la calicata 1 .....	25
Figura 7. Determinación de porcentaje de gravas, arenas y finos .....	26
Figura 8. Determinación de los límites de Atterberg .....	26
Figura 9. Determinación de los límites de Atterberg .....	27
Figura 10. Ensayo de Proctor modificado a las muestras de la CC-1 .....	27
Figura 11. Ensayo de CBR a la muestra de la CC-1 .....	28
Figura 12. Ensayo a compresión simple no confinada a la muestra de la CC-4 ...	28
Figura 13. Preparación de muestras con incorporación de cal y ceniza de madera .....	29
Figura 14. Ensayos de Proctor modificado a muestras alteradas .....	30
Figura 15. Ensayo de CBR a muestras alteradas .....	30
Figura 16. Calicata 3 de 1.5m de profundidad .....	32
Figura 17. Tamizado de muestra de suelo .....	35
Figura 18. Cuarteo de muestra de suelo obtenido .....	35
Figura 19. Ensayo de límites de Atterberg CC-4 .....	35
Figura 20. Ensayo de límites de Atterberg CC-1 .....	35
Figura 21. Ensayo de Proctor modificado para muestras inalteradas .....	37
Figura 22. Ensayo de CBR para muestras inalteradas .....	39
Figura 23. Ensayo de Proctor modificado a muestra alterada .....	40
Figura 24. Máxima densidad seca en función de la dosificación .....	41
Figura 25. Óptimo contenido de humedad en función de la dosificación .....	41
Figura 26. Máxima densidad seca en función de la dosificación .....	42
Figura 27. Óptimo contenido de humedad en función de la dosificación .....	43
Figura 28. Ensayo de resistencia a compresión simple de muestras alteradas ....	44
Figura 29. Resistencia a compresión simple de la CC-1 en función a la dosificación .....	45

Figura 30. Resistencia a compresión simple de la CC-4 en función a la dosificación .....	46
Figura 31. Ensayo de CBR a muestras alteradas.....	47
Figura 32. Porcentajes de CBR al 95% y 100% para las muestras de la CC-1 ....	48
Figura 33. Porcentajes de CBR al 95% y 100% para las muestras de la CC-4 ....	49

## Resumen

La presente investigación “Aplicación de Cal Hidratada con ceniza de madera para la estabilidad de la subrasante en la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022.” Tuvo como objetivo determinar la influencia de la aplicación de cal hidratada y ceniza de madera en la estabilidad de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho 2022. La investigación es de enfoque cuantitativo de tipo aplicada, diseño experimental de tipo cuasiexperimental y un alcance explicativo. La población de estudio se conforma por la subrasante de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, la muestra lo conforman 4 calicatas de 1.5m de fundación en las progresivas Km 0+750, 2+850 3+020, 4+500. Para su desarrollo se realizaron ensayos de clasificación de suelos por el método S.U.C.S y AASHTO, Proctor modificado, límites de consistencia, resistencia a compresión simple no confinada y CBR de las muestras de estudio, también se tuvieron grupos de control con adiciones de cal hidratada en 2% y ceniza de madera en 12%, 17%, 22% (en función al peso seco del suelo). De los resultados se demuestran que al aplicar cal hidratada (CH) en un 2% y ceniza de madera (CM) en 22% se incrementa la resistencia a compresión simple y CBR de las subrasantes en estudio, también se observa un incremento en el OCH y una reducción de la máxima densidad seca MDS de los suelos arcillosos. Finalmente se concluye en base a los resultados que se obtuvieron de los diversos ensayos de laboratorio que la cal hidrata en 2% y la ceniza de madera en 22% mejoran físicamente y mecánicamente la subrasante arcillosa, por ende, mejoran en la estabilidad de la subrasante.

Palabras clave: Cal Hidratada (CH), Ceniza de madera (CM), Estabilidad de la subrasante.

## Abstract

The present research "Application of Hydrated Lime with wood ash for the stability of the subgrade on the Larampuquio highway – Accocapillapata, Ayacucho, 2022." It aimed to determine the influence of the application of hydrated lime and wood ash on the stability of the clay-type subgrade of the Larampuquio – San Jose de Samana highway, Ayacucho 2022. The research is of quantitative approach of applied type, experimental design of quasi-experimental type and an explanatory scope. The study population is made up of the subgrade of the Larampuquio – San Jose de Samana road, the sample is made up of 4 calicatas of 1.5m of foundation in the progressive Km 0 + 750, 2 + 850 3 + 020, 4 + 500. For its development, soil classification tests were carried out by the S.U.C.S and AASHTO method, modified Proctor, consistency limits, non-confined simple compressive strength and CBR of the study samples, control groups were also had with additions of hydrated lime in 2% and wood ash in 12%, 17%, 22% (depending on the dry weight of the soil). The results show that applying hydrated lime (CH) in 2% and wood ash (CM) in 22% increases the resistance to simple compression and CBR of the subgrades under study, also observed an increase in the OCH and a reduction of the maximum dry density MDS of clay soils. Finally, it is concluded based on the results obtained from the various laboratory tests that lime hydrates by 2% and wood ash by 22% physically and mechanically improve the clay subgrade, therefore, improve the stability of the subgrade.

Keywords: Hydrated Lime (CH), Wood ash (CM), Subgrade stability.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la ingeniería civil tiene diversos campos de aplicación en la industria de la construcción, uno de ellos es la infraestructura vial que está conformado por diversos tipos de vías, sin embargo, la inestabilidad del suelo es un problema habitual en algunas de las zonas ya que presentan hundimientos en la estructura. Esta falla ocurre generalmente en suelos arcillosos y que presentan baja resistencia. Las deficiencias mencionadas en este tipo de estructuras son atribuidas a características geológicas de los suelos, tal como menciona Lozano y Gómez.<sup>1</sup> Por otra parte en Latinoamérica surgen proyectos de investigación con la finalidad de determinar cómo adaptar a beneficio las características de los suelos. Sin embargo, uno de los problemas con mayor frecuencia en esta zona que no permite la creación o construcción de carreteras es la presencia de suelos cohesivos, esto implica un desafío para los profesionales que buscan desarrollar vías aptas Castro.<sup>2</sup> Según menciona Firoozi,<sup>3</sup> esta problemática de adaptación de suelos cohesivos que se presenta a nivel mundial tiene diversas soluciones las cuales son métodos de mejora que se basan en reemplazar el suelo cohesivo sustituyéndolo por uno con mejores propiedades, sin embargo, este método tiene un elevado costo y por ello se opta por otras alternativas; las cuales generalmente son utilizar estabilizadores que están disponibles en el mercado y tienen una alta demanda. No obstante, el suelo estabilizado se obtiene a partir de la combinación de los materiales utilizados en la estabilización que aportan diversas propiedades. Asimismo, Ramaji,<sup>4</sup> menciona que “el suelo reforzado depende de un procedimiento en el cual se usan aditivos naturales para mejorar las características de esta. Existen diversos métodos de refuerzo para estabilizar suelos cohesivos”. Además, Del Pino,<sup>5</sup> refuta que, debido a la falta de financiamiento en diversos países deben plantearse técnicas de mantenimiento y construcción de vías de forma más eficaz, desde una perspectiva costo-efectividad.

A nivel nacional se cuenta con diversos problemas que afectan a las vías de transporte que son de carácter constructivo o por los diversos tipos de suelos que

---

<sup>1</sup> (Lozano y Gómez, 2019)

<sup>2</sup> (Castro, 2019)

<sup>3</sup> (Firoozi, 2017)

<sup>4</sup> (Ramaji, 2012)

<sup>5</sup> (Del Pino, 2010)

existen en la subrasante del territorio y que generalmente son suelos arcillosos, limosos, arenosos, etc. En la parte de la sierra y selva peruana se encuentran los suelos con mayor inestabilidad en la subrasante y estos tienden a fallar con las constantes lluvias que se presentan en estas zonas, por ello se planifica diversas formas o métodos para estabilizar el suelo con productos agropecuarios que se encuentran en la zona. No obstante, en la actualidad localmente los suelos presentan un índice alto de plasticidad, baja capacidad de soporte, y suelos muy permeables. En la zona de la carretera Larampuquio –Accocapillapata, Ayacucho existen fenómenos de inestabilidad de subrasante, el cual necesita ser estabilizada o tratada ya sea con aditivos naturales o químicos o reemplazarlo con un material que cumpla con lo establecido en el MTC.<sup>6</sup> Estos problemas con mayor frecuencia en la zona de estudio se presentan en dos temporadas: En temporada de lluvia se genera la expansión del suelo y en temporada de sequía se genera exceso polvo, por estas condiciones hacen que esta zona sea intransitable en estas temporadas, el cual es un problema para los habitantes de esta zona rural. En esta zona con suelo de bajo CBR se busca aplicar un método de mejora en la estabilización de la subrasante con la aplicación de cal hidratada y un aditivo natural que es la ceniza de madera y con ello se pretende restablecer las propiedades de resistencia y soporte de la subrasante con la finalidad de pavimentar. De lo expuesto anteriormente como problemática en la actualidad no existe investigaciones sobre la incorporación de cal hidratada y ceniza de madera en la subrasante de la localidad de Larampuquio, región Ayacucho, por ello la iniciativa de incorporar estos elementos de forma conjunta, para así mejorar la estabilidad de la subrasante del suelo arcilloso, con el propósito de conocer el comportamiento de esta combinación en las características mecánicas de la subrasante en la zona de estudio; siendo esta una de las vías con mayor flujo vehicular debido al comercio. Esto ocasiona el rápido deterioro de la carretera por lo que requiere un mejoramiento en sus propiedades, para así obtener una solución más favorable técnica y económica. En ese sentido la presente tesis tiene como problema general: ¿De qué forma influye la aplicación de cal hidratada con ceniza de madera en la estabilidad de la subrasante en la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho 2022?, del

---

<sup>6</sup> (Manual de carreteras, 2014)

problema principal deriva el primer problema específico ¿Cuál será la clasificación del suelo de la subrasante de tipo arcilloso en estado natural de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022?, el segundo problema específico ¿Cómo influye la cal hidratada y ceniza de madera en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022?, el tercer problema específico ¿Cómo influye la cal hidratada y ceniza de madera en la resistencia a compresión de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022? y el cuarto problema específico ¿Cómo influye la cal hidratada y ceniza de madera en la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022?.

Por otro lado el presente proyecto de investigación se justifica teóricamente ya que la incorporación de cal hidratada y ceniza de madera en las muestras de suelo serán examinadas mediante ensayos de laboratorio: límites de atterberg, Proctor modificado y ensayos de CBR que se realizan para cuantificar los resultados obtenidos y así dar un aporte conocimientos sobre las variaciones que ocurren en las características físico-mecánicas de la subrasante con adición de estas materiales y así contrastar que su uso mejora las condiciones del suelo, el cual garantiza un espesor de losa adecuado al construir pavimentos. De lo mencionado con anterioridad, Pérez,<sup>7</sup> señala y concluye luego del ensayo de contenido de humedad, granulometría, límites de atterberg, Proctor modificado y índice de CBR, que al aplicar 2% cal y 5% de ceniza de madera sobre la subrasante se mejora la capacidad de soporte y el contenido de humedad, también mejoro el grado de compactación en 1.77%, asimismo se reduce el OCH a 7% y por último se obtuvo un CBR al 95% de la MDS de 38.6% y un CBR al 100% de la MDS de 34.3%. También, se cuenta con la justificación metodológica debido a que esta investigación se lleva a cabo con el propósito de realizar una contribución a la preservación de carreteras, proponiendo una proporción óptima de incorporaciones de cal hidrata y ceniza de madera para mejorar o estabilizar la subrasante, así reduciendo el deterioro periódico y el costo de mantenimiento, garantizando un buen soporte para las pavimentaciones futuras, mejorando la serviciabilidad. Se

---

<sup>7</sup> (Pérez, 2021)

justifica técnicamente la presente investigación como una forma de contribución en analizar el aporte que tendrá la aplicación de la cal hidratada y la ceniza de madera en la estabilidad de la subrasante. Seguidamente, como justificación social ya que es fundamental la construcción de carreteras para la productividad y comercio de microempresas de la zona. No obstante, en la carretera de Larampuquio hay subrasantes de tipo arcilloso, que deben ser eliminados o tratados antes de iniciar con el asfaltado, por ello se propone utilizar cal hidratada y ceniza de madera como materiales estabilizantes, para que estos suelos cumplan con los requisitos de ingeniería. Por ello, la presente investigación tiene una justificación práctica, debido a que pretende demostrar el uso de cal hidratada con ceniza de madera en la estabilidad de la subrasante. Al respecto, Machco,<sup>8</sup> señala que es útil trabajar en la seguridad de la subrasante para una buena transpirabilidad de los vehículos. Además, la investigación se justifica ambientalmente debido a que la cal hidratada con ceniza de madera es una alternativa para mejorar subrasantes, así mismo es un alternativa sostenible frente al uso de materiales contaminantes que dañan al medio ambiente, al respecto Hurtado et al,<sup>9</sup> precisan que la cal hidratada sobre la subrasante no genera daños y alteraciones ambientales, por ello es confiable utilizar este insumo en la limpieza del suelo y en otros propósitos, debido a la estimación del efecto de la cal como estabilizador, es utilizado como material piloto para el tratamiento del suelo en mención.

Por lo antes mencionado el presente proyecto de investigación tiene como objetivo general: Determinar la influencia de la aplicación de cal hidratada con ceniza de madera en la estabilidad de la subrasante de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho 2022. A sí mismo, presenta el primer objetivo específico que es Determinar las características del suelo de la subrasante de tipo arcilloso en estado natural de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022., el segundo objetivo específico que es Determinar la influencia de la cal hidratada y ceniza de madera en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022, el tercer objetivo específico que es Determinar la influencia de la cal hidratada y ceniza de madera en la resistencia a la compresión de la subrasante

---

<sup>8</sup> (Machco, 2019, p. 23)

<sup>9</sup> (Hurtado y Ricra, 2021, p. 5)

de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022. Y por último el cuarto objetivo específico que es Determinar la influencia de la cal hidratada y ceniza de madera en la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022.

Como conjetura la investigación presenta la siguiente hipótesis principal. La aplicación de cal hidratada con ceniza de madera mejora significativamente las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho 2022, así mismo, tiene como hipótesis secundaria lo siguiente: La subrasante arcillosa en estado natural presenta propiedades físicas debajo de lo requerido en las normativas vigentes, La incorporación cal hidratada y ceniza de madera incrementa el óptimo contenido de humedad y reduce la máxima densidad seca de la subrasante arcillosa de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022. , La adición de cal hidratada y ceniza de madera mejora significativamente la resistencia a compresión de la subrasante de tipo arcillo de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022. y La adición de cal hidratada y ceniza de madera mejora significativamente la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcillo de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Para la presente investigación se ha considerado en el ámbito internacional a LAGUNA & CHACON (2022), que tuvieron como objetivo principal analizar el comportamiento de la resistencia de un suelo con incorporación de ceniza de cascarilla de café y de arroz. La metodología aplicada en esta investigación fue cuantitativo, descriptivo y tuvo un diseño cuasiexperimental; tuvo como población los suelos finos de Cundimarca. Los resultados arrojaron en el ensayo a compresión no confinada la incorporación de CCA también nos da mejores resultados siendo estas de 600Kpa con el 4% de incorporación sobre la muestra, respecto al 10% del CCA, por otra parte, en el módulo resiliente también toma protagonismo el CCA ya que el esfuerzo desviador aplicado fue de 65MPa con una incorporación de 4% dejando por debajo al CCC, de esta forma la adición de CCA resulta con más mejoras en todos los ensayos. Finalmente concluyen que el óptimo porcentaje de CCA para mejorar la resistencia a compresión no confinada corresponde al 10% de incorporación, en el caso de esfuerzos de 25 golpes, debido a que presenta un aumento del 257%, pero el CCA con una incorporación del 4% con un total de 56 golpes presenta mejores resultados de capacidad de soporte y un mejor comportamiento respecto al CCC.

LOPEZ Y RIVERA (2019), tenían como objetivo determinar la resistencia al corte no drenado de un suelo fino que se obtuvo en los alrededores de la ciudad de Ibagué, con la incorporación de distintos porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz. El método presentado en esta investigación o estudio es de enfoque cuantitativo, tipo descriptivo y un diseño de tipo cuasiexperimental; teniendo como población los suelos de Ibagué, la muestra fue en las veredas de Petrerillo en la ciudad de Ibagué. Los resultados que se obtuvieron muestran mejoras en las características mecánicas del suelo mediante la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz, las combinaciones que tuvieron mejores comportamientos abarcan de 4% al 10%, estas presentan un aumento en la resistencia a compresión no confinada en promedio de 120% a 247% en comparación a la resistencia del suelo natural. Concluyeron que, al utilizar ceniza de cascarilla de arroz en proporciones adecuadas, aporta significativamente la mejora en las propiedades mecánicas del suelo fino, también es una alternativa sostenible que brinda buenos resultados.

PARRA (2018), tenía como objetivo principal realizar estabilización química de suelo caolín, incorporando cal y ceniza en diversos porcentajes para así determinar la correcta dosis de estabilizador, por medio de la resistencia a compresión y tracción. La metodología aplicada en esta investigación fue de enfoque cuantitativo, descriptivo y tuvo un diseño cuasiexperimental. Los resultados que se obtuvieron demostraron que el uso de ceniza volante no tuvo efectos favorables en el ensayo a compresión como la cal viva y por otra parte tuvo un efecto negativo ya que tuvo mayor deformación unitaria 9.8% en comparación con la cal el cual tuvo una deformación de 5.7% y finalmente la muestra patrón tuvo 1.8%. La deformación unitaria 9.8% indica que al incorporar ceniza al suelo patrón se vuelve más dúctil el cual lo limita al incremento de resistencia a compresión. Se concluye que al realizar ensayos de compresión el porcentaje óptimo de cal viva es del 4% para esfuerzo máximo, el 8% para la rigidez y 8% genera una menor deformación. Por otra parte, para la ceniza el porcentaje óptimo en lo que refiere al esfuerzo máximo es de 4%, de la misma forma en la rigidez y del 8% en la deformación.

Tantaquilla y Valdivia (2020), tenían como objetivo principal decidir el impacto que tiene la cal hidratada y la sustancia Quim kd-40 para adecuar suelos como capa de subrasante, este trabajo de investigación tiene metodología cuantitativa de tipo aplicada, con un pan exploratorio teniendo en consideración el ejemplo de las investigaciones de la zona Chaquilbamba-Habas Horco en la calle de Huamachuco-Cajabamba, este examen realizado está contenido por 8 calicatas o fundaciones en distintos puntos. De los ensayos se obtuvo que con el 2% de cal hidratada en la calicata 1 se pasó de 3.7% CBR a 16.91% esto representa un 91%, para C3 de un 3.86% CBR a un 16.41%, para el C5 de un CBR de 4.03% a un 15.90% , y para la C7 de un CBR de 1.83% a un 14.21%, y añadiendo un 2% de Quim kd-40 se obtuvieron los siguientes resultados para la C1 pasando de un CBR de 3.7% a un 18.27%, para la C3 pasando de un CBR de 3.86% a un 17.25, para la C5 pasando de un CBR de 4.03% a un 21.48% y para la C7 pasando de un CBR de 1.83% a un 13.53%. Concluyendo que las mejoras más considerables se obtienen con la sustancia Quim kd-40.

Alanya (2020), tenía como objetivo principal determinar el efecto de las cenizas de madera que se originan por medio de las ladrilleras artesanales en la estabilización de los suelos arcillosos, esta investigación tiene un enfoque cuantitativo con diseño

de tipo aplicada no experimental y se empleó la observación sistémica, la muestra de estudios es igual a la población, el investigador llega los resultados siguientes: que al incorporar ceniza de madera se mejora los atributos físicos- mecánicos de los suelos. Se presume que al incorporar en un 25% ceniza de madera, se muestra una mejora significativa de las características del suelo, lo que repercute de forma positiva, ya que se incrementa la adherencia en un 18.53% el espesor seco más extremo es de 6.2%, el contenido de humedad ideal en un 23.16% y el límite de carga en un 24.35% cada uno con datos que llegan a alcanzar las expectativas de la investigación, así aseverando la hipótesis principal.

KARAMI (2021), in his scientific article, aimed to efficiency of fly ash-based soil stabilization using secondary additives. The methodology used was of experimental design and applied type. For its development, the materials used for the study were Class F fly ash, an industrial by-product, was used. Lime, CSA cement, enzymes and polymers were used as secondary additives. A series of mechanical and microscopic tests (CBR, compaction test, SEM, XRD, FTIR and TGA) were performed on different combinations of additives. The research results indicate that secondary admixtures can be used effectively to improve the efficiency of fly ash-based soil stabilization. Soil-fly ash-lime-enzyme was identified as an optimal combination to improve bearing capacity, while soil-fly ash-lime and soil-fly ash-enzyme also showed substantial improvements in subgrade performance to the conclusion that the findings of the laboratory investigations were verified by applying three-dimensional numerical modeling to assess pavement performance, which revealed substantial benefits in pavement thickness reduction when weak fly ash-stabilized soils are treated with secondary admixtures.

TURCO (2020), their objective the purpose of the study is to provide a clearer view of recent scientific advances on the subject by addressing a series of specifically formulated research questions. For this, 45 articles from journals and conference proceedings were selected following some inclusion criteria. The methodology used was experimental design with a quantitative approach. The results 45 articles from journals and conference proceedings were selected following some inclusion criteria, that is, the raw material (soil), the shape (block), the compaction methods (mechanical or hydraulic press), the preparation (unfired), the addition of source materials (fibers, powders or ashes). Through a holistic approach, a discussion on

the main physical, thermal, mechanical and durability properties was carried out to find correlations and criticisms. Preliminary considerations are outlined on the acoustic insulation and fire resistance properties and on the economic performance and environmental impact of the optimized CEBs, opening a brief discussion on some sustainability indicators. Finally, as conclusion that based on the research results may encourage researchers to find new solutions to improve the properties of earthen building materials to promote their wider use and more sustainable buildings.

Finalmente, con respecto a los artículos científicos tomados como antecedentes de la presente tesis tenemos a AHMED et al (2020), donde tenían como objetivo mejorar las características del suelo expansivo con la adición de cal hidratada y dolomítica. La metodología que se presentó en este estudio fue de enfoque cuantitativo, del tipo explicativo y se basó en un diseño experimental; el cual tuvo una población de los suelos de una mezcla de arcilla y arena expansiva. Para desarrollarse se realizaron ensayos de límites de Atterberg, Proctor modificado, ensayos de hinchamiento libre, CBR, análisis químico. Los resultados obtenidos demuestran que para incorporaciones de la cal de 3%, 6% y 9%, el valor de CBR asciende en 171%, 351% y 867%, de forma respectiva, pero también se encuentra que incrementando 12%, 24% y 48% de DLP, CBR el valor incrementa en un 5%, 508% y 530%, de forma respectiva. Finalmente, concluyen que el uso de cal es más eficaz que el DLP estabilizador para así reducir el hinchamiento e incrementar la resistencia. Sin embargo, la cal hidratada debe utilizarse con una gran precaución para estabilizar los suelos expansivos con un elevado contenido de sulfatos.

Dinka et al (2019), sostuvieron como objetivo principal encontrar el mejor rendimiento de la subrasante conformada por cal y cemento en obras viales de la ciudad de Jimma. El tipo de metodología utilizada fue de un enfoque cuantitativo, del tipo explicativo y está comprendido en un diseño experimental; teniendo como población a los suelos de una mezcla de arcilla y arena expansiva. Para el desarrollo se hicieron los ensayos de límites, Proctor modificado en los suelos y CBR. Los resultados que se obtuvieron muestran que, incorporando cemento en el suelo, los valores de CBR ascienden y se multiplican para ambas muestras y el CBR<sub>max</sub>, tanto como el 86.52% y 63.55% también se encuentra que el 8% de incorporación de cemento para la M-1 y la M-2 respectivamente. Asimismo, con el

incremento de cal los valores de CBR ascienden de 23,36 a 96,29% con un ascenso en el contenido de cal para la M-1 mientras que el valor inicialmente disminuyó de 13,74 hasta 11,19% y aumentó a 52,82% en más suma del contenido de cal para la M-2. Finalmente, llegaron a la conclusión que la fuerza de los suelos que fueron estabilizados con cemento es mayor a la fuerza de los suelos estabilizados con cal. Esto demuestra que la estabilización con cemento es más eficaz ya que genera mayor resistencia que la cal, sin embargo, al curar y mezclar en laboratorio se alcanza mayores resistencias que las adquiridas en campo. Los valores de CBR de los suelos estabilizados fueron más altos, en algunos casos muchas veces más que los de los suelos naturales sin estabilizar.

Para las bases teóricas, se tiene lo siguiente: Para el concepto de la estabilidad de la subrasante se busca el mejoramiento de suelos, para ello se utilizan mezclas físicas o químicas o también se reemplaza una porción de esta y de ese modo se maximiza su utilidad. Por ello, la estabilidad es el estado de firmeza de la plataforma en el cual se hacen uso de diversas metodologías para mejorar su estado actual.<sup>10</sup> Por otra parte tenemos el mejoramiento de la subrasante, que es el estado del suelo en el que se incorporan diversos componentes químicos o naturales para modificar sus propiedades y así mejorar sus condiciones; de esta forma se indica que el tratamiento de los suelos se ve reflejado en un procedimiento en el cual se realiza una cementación y la adherencia con diversos componentes naturales o químicos con la finalidad de optimizar las condiciones de los suelos arcillosos Winterkorn.<sup>11</sup> También se señala las diversas ventajas que trae consigo el estabilizar el suelo ya que uno de ellos es permitir una mayor resistencia de la cimentación, menor plasticidad o hinchamiento Shirur et al.<sup>12</sup>

Asimismo, Hall<sup>13</sup>, menciona las ventajas y desventajas al mejorar el suelo y estas son: La construcción se acelera ya que el espesor del suelo que se requiere es menor, por ende, se requiere menos material y mano de obra, un incremento en la resistencia y la durabilidad en un plazo prolongado, en especial en zonas donde el suelo tuvo una baja calidad, los tratamientos costosos se reducen drásticamente o incluso desaparecer debido a los materiales utilizados y los estabilizadores de

---

<sup>10</sup> (Afrin, 2017, p. 103)

<sup>11</sup> (Winkjerton, 2015, p. 86)

<sup>12</sup> (Shirur y Hiremath, 2015, p. 130)

<sup>13</sup> (Hall, Najim y Dehdezi, 2014, p. 89)

suelos pueden ser caros o difíciles de transportar según al tipo de zona que requiera su aplicación.

De la misma manera, Leal<sup>14</sup> menciona que los factores que intervienen para la selección de un proceso de tratamiento de suelo tienen los siguientes puntos principales como la: La durabilidad, que son aquellos procesos en los que la estabilización se consideran resistencias establecidas, generando que el material se mantenga sin surgir deterioro a pesar de los factores ambientales.<sup>15</sup> Finalmente se menciona las clases de mejoramiento, aplicables de forma económica y con mayor eficacia utilizando diversas técnicas de estabilización de subrasante y esto a la vez se entiende de su efecto potencial como estabilizante .<sup>15</sup> Seguidamente aquellos grupos primordiales de estabilización son: Mejoramiento de suelo físico-mecánico, en lo específico hace referencia a la regular distribución de partículas en la mezcla de todo el suelo. Esta acción permite la estabilización de la compresión, incluyendo la compresión con suficiente humedad, generalmente se obtiene por cambios en la distribución del tamaño de las partículas. Las mejoras del suelo al ser agregados por otro material que proviene de una ubicación seleccionada son conceptos seleccionados de estabilización: distribución en el tamaño de partículas, fricción interna o colapso, plasticidad y aglomeración de partículas y la forma de combinación de estas partículas depende de la meta perseguida en cada caso.<sup>15</sup> Por otra parte, tenemos al mejoramiento de suelo físico- químico, los requisitos para hacer el análisis de los suelos deben cumplir al utilizar los efectos químicos de una combinación de aditivos como el cemento, en las calles y asfalto. Se utilizarán materiales cuyas propiedades mayormente son químicos puros con los cuales se consiguen efectos deseados, y las mejoras esperadas se producen por la reacción química entre el estabilizante y el suelo, incluyendo los cambios que se dan debido a la estabilización de la sustancia.<sup>15</sup> Seguidamente tenemos el mejoramiento de suelos térmico- eléctrico, generalmente son costosos y no factibles, y tampoco se podría especificar productos adicionales, en especial porque son realizados por tratamientos térmicos y eléctricos. Estos suelos que son expuestos a cargas reaccionan de acuerdo a la cohesión, la inteligibilidad, la fricción interna y en última instancia por la capilaridad. La cohesión y la fricción interna generalmente ayuden

---

<sup>14</sup> (Leal, 2012, p. 105)

<sup>15</sup> (Leal, 2012, p. 106)

a resistir desplazamientos y fracturas. Ambos se ven afecto por la cantidad de vacíos y el agua que contienen ya que aquel suelo con mayor cantidad de vacíos tiende a perder estabilidad.<sup>16</sup>

Por otro lado tenemos a la subrasante, que es aquel suelo que es seleccionado por sus propiedades y a la vez es compactado por capas para así generar una superficie que se estable para soportar la carga proveniente del diseño del vehículo.<sup>17</sup>No obstante, para determinar el espesor de las losas se debe tener en cuenta esta capa y la susceptibilidad del suelo a la humedad se debería tener en cuenta, en términos de variaciones de resistencia y también en volumen; por lo general los suelos con mayor expansividad causan daños a estructuras que se soportan entre ellos, por ello las variaciones deben precaverse estabilizando el suelo con algún aditivo.<sup>18</sup>

**Tabla 1. Número de calicatas para exploracion de acuerdo el tipo de carretera**

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante 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>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
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 sub rasante 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 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante 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 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante 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 ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>	

Fuente: Manual de carreteras, MTC, 2014

Cal viva, es aquel obtenido por calcinación al desprenderse dióxido de carbono se genera oxido de calcio (CaO) y con presencia de agua se obtiene morteros de cal,

<sup>16</sup> (Leal, 2012, p. 107)

<sup>17</sup> (Manual de carreteras, 2014, p. 24)

<sup>18</sup> (Montejo, 2002, p. 45)

para las tareas de estabilización. Algunas de las ventajas económicas son que existe gran cantidad de este material y generan menor costo en la traslación y almacenamiento ya que se requiere menor volumen, tiene un comportamiento amigable en temporadas de lluvia ya que reduce la expansividad de suelos limosos. La desventaja es la hidratación ya que requiere cuidado especial y hay problemas de seguridad durante su aplicación como estabilizante.<sup>19</sup> Por otro lado, tenemos a la Cal hidratada, es aquel con un componente primordial de hidróxido de cal que proviene de la reacción del agua y el óxido de calcio. Las ventajas de esta son su facilidad de aplicación y es más eficaz en suelos con poca humedad. La desventaja es que genera polvo a la hora de aplicación, mayor costo al trasladar debido a su peso volumétrico, la dosificación varía en lugares con exceso de viento, la hidratación tiene un costo mayor ya que por lo general se realiza en plantas.<sup>19</sup>

Otro aditivo estabilizante es considerado a la Ceniza de madera, ya que es un residuo generado por la calcinación de madera y productos de estas (aserrín, corteza, etc.). Es la parte inorgánica que queda como residuo al calcinar madera o fibras, sin blanquear. Las maderas con mayor dureza son las que producen mayor ceniza con respecto a las maderas blandas y otro tipo de cortezas, los tallos de los árboles y ramas producen menor ceniza que la parte interior de los árboles. En lo general al calcinar madera genera entre un 6% y 10% de cenizas.<sup>20</sup>

Por otro lado tenemos a la Resistencia del suelo, que es la cualidad de soportar cargas sin surgir una deformación. En general la medición de la resistencia del suelo a diferentes profundidades es la base para determinar la resistencia de esta. No obstante, la Clasificación de suelos, es la forma en que se clasifican de acuerdo al método a utilizar en ellos, y estos métodos son S.U.C.S y AASHTO, cada uno de estos métodos tiene sus fundamentos.

---

<sup>19</sup> (Parra, 2018)

<sup>20</sup> (Siddique, 2012)

**Tabla 2. Clasificación de suelos granulares según AASHTO**

Clasificación general	Material Granular ( 35% o menos del total pasa No.200)						
	A - 1		A - 3	A - 2			
Grupo de clasificación	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No. 10	50 max.						
No. 40	30 max.	50 máx.	51 min.				
No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Características de la fracción que pasa No.40							
Limite líquido				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Fragmentos pétreos, grava, y arena		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena			
Valoración general del subgrupo	Excelente a bueno						

Fuente: Principles of Geotechnical Engineering, Braja, 1998.

**Tabla 3. Clasificación de suelos limo-arcilloso según AASHTO**

Clasificación general	Material limo- arcilloso ( más del 35% del total pasa No.200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 (a) A-7-6 (b)
Grupo de clasificación				
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la fracción que pasa No. 40				
Limite líquido	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Valoración general del subgrupo	Regular a pobre			
(a) Para A-7-5, IP < LL - 30				
(b) Para A-7-6, IP > LL - 30				

Fuente: Principles of Geotechnical Engineering, Braja, 1998.

**Tabla 4. Clasificación de suelos según el sistema unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S**

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE CASAGRANDE.					
SÍMBOLO	TIPO DE SUELO	COMPORTAMIENTO GENERAL COMO PLANO DE FUNDACIONES	CONDICIONES DE DRENAJE	COMPRESIBILIDAD	CONDICIONES DE COMPACTACIÓN
GW	Gravas y mezclas de arena bien graduadas con pocos finos o ninguno	Excelente	Permeable	Casi nula	Excelente
GP	Gravas y mezclas de arenas mal graduadas con pocos finos o ninguno	Excelente	Muy permeable	Casi nula	Buena a Excelente
GM	Gravas limosas y mezclas de gravas y arenas limosas mal graduadas	Bueno	Semi permeables a impermeables	Casi nula	Buena
GC	Gravas arcillosas y mezclas de gravas y arenas limosas mal graduadas	Bueno a regular	Impermeables	Muy baja	Buena
SW	Arenas y arenas gravosas bien graduadas con pocos limos o ninguno	Excelente	Permeable	Casi nula	Excelente
SP	Arenas y arenas gravosas mal graduadas con pocos finos o ninguno	Bueno	Semi permeable a impermeable	Casi nula	Buena a regular
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas	Bueno	Semi permeable a impermeable	Baja	Regular
SE	Arenas arcillosas y mezclas de arenas y limos mal graduados	Bueno a Regular	Impermeable	Baja	Buena
ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, arenas finas limosas y arcillas de baja plasticidad	Regular	Semi permeable a impermeable	Baja a media	Regular
CL	Arcillas de baja a media plasticidad, arcillas arenosas arcillas limosas	Regular a malo	Impermeable	Media	Buena a regular
OL	Limos orgánicos y mezclas de arcillas y limos orgánicos de baja plasticidad	Malo a muy malo	Semi permeable a impermeable	Media alta	Regular a muy mala
MH	Suelos limosos y con arena fina micéica o de diatomeas suelos limosos	Malo	Semi permeable a impermeable	Alta	Mala a muy mala
CH	Arenas inorgánicas de alta plasticidad	Malo a muy malo	Impermeable	Alta	Mala
OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad	Muy malo	Impermeable	Alta	Mala a muy mala

Fuente: Fundamentos de geotecnia, Crespo, 1999

Índice de plasticidad, es el comportamiento plástico del suelo, la humedad relativa se encuentra en este nivel, y está definida por la diferencia entre límite líquido y límite plástico. Por otra parte, tenemos al Límite líquido, dicho de otra manera, sería cantidad de humedad del suelo desde un límite líquido a uno plástico.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> (MTC, 2014, p. 5)

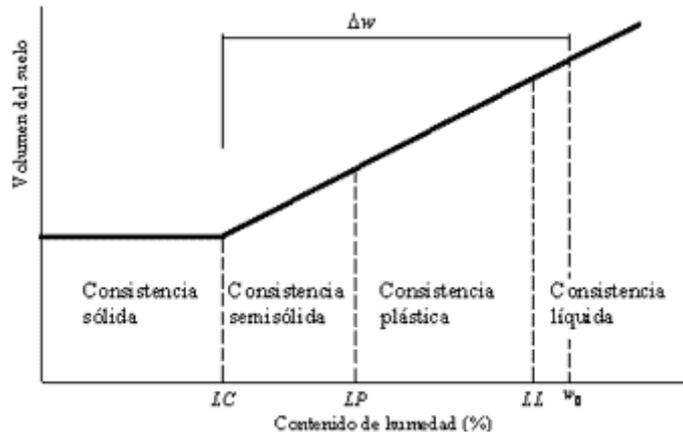


Figura 1. Límites de consistencia

Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, Braja, 2006

Límite plástico, se refiere a la medida en que incrementa la humedad, el suelo pasa de semisólido a plástico, en tanto esto se mide por el porcentaje en peso seco de la muestra (seca en horno).<sup>22</sup> Por otra parte, el Optimo contenido de humedad o humedad optima, se refiere a la humedad que es necesaria para tener una máxima densidad seca, también se le conoce como OCH, esto debido a la compactación en las curvas de humedad vs densidad.<sup>23</sup>

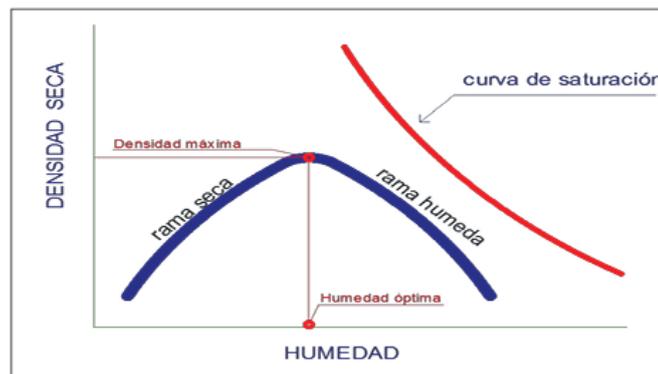


Figura 2. Curva de Proctor

Fuente: Mecánica de suelos, Parrano, 2012

Resistencia a compresión no confinada, este ensayo se realiza de acuerdo al MTC E 1103<sup>24</sup> y se mide a partir de una muestra de suelo no alterada cortada de forma

<sup>22</sup> (MTC E10, 2014, p. 6)

<sup>23</sup> (Juarez y Rico, 2010, p. 264)

<sup>24</sup> (MTC E 1103, 2016, P.1006)

cilíndrica y sometiéndola a carga axial, mientras se controla la deformación. Por ello, las muestras de los especímenes tendrán un diámetro de 4" y una altura de 4.584" para ser analizadas.

Finalmente tenemos a la Capacidad de soporte, esto se refiere al CBR para los suelos que son descritos por el MTC<sup>25</sup> hace una descripción del proceso que se debe seguir para determinar el valor de la relación de apoyo en un índice de resistencia del suelo, y sobre el suelo que se prepara en el laboratorio en condiciones de humedad y densas, esta evalúa la capacidad de apoyo de los suelos de la subrasante y la base, subbase mejorada, esta relación se expresa en porcentaje.

**Tabla 5.** Clasificación y uso del suelo según el valor de su CBR.

CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2 - 5	Muy mala	Sub-rasante
5 - 8	Mala	Sub-rasante
8 - 20	Regular - Buena	Sub-rasante
20 - 30	Excelente	Sub-rasante
30 - 60	Buena	Sub-base
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Fuente: Granulometría, Assis, 1988

---

<sup>25</sup> (MTC, 2014, p. 105)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**3.1.1. Tipo de investigación**, esta investigación es de tipo aplicada puesto que utiliza los conocimientos teóricos, para profundizar en la búsqueda de fines prácticos establecidos, dicho de otra manera, se estudia para desarrollar, adaptar y cambiar determinados ámbitos; estableciéndolos en prototipos de conocimiento y tecnología.<sup>26</sup> No obstante, en esta investigación se manipula los datos probatorios estructurados de los ensayos de las características físicas del suelo de la subrasante y la resistencia que esta reforzado con cal hidratada y ceniza de madera.

**3.1.2. Diseño de investigación**, esta investigación es experimental de tipo cuasi experimental puesto que para la determinación de la hipótesis se usarán ensayos y pruebas que irán afinándose de manera práctica, comparativa y repetitiva hasta encontrar los valores deseados, pero además los grupos a estudiar no se tomarán de forma aleatoria, sino que se tomarán según el cumplimiento de determinados parámetros.<sup>26</sup> Por otra parte en esta investigación se manipula la proporción de cal hidratada y ceniza de madera, para así cuantificar los cambios que se generan en las propiedades mecánicas de la subrasante.

**3.1.3. Nivel de investigación**, se utilizó para la presente tesis el alcance de tipo explicativo ya que tiene la finalidad de dar respuesta por los sucesos o fenómenos físicos. Generalmente se va enfocar en dar respuestas del porque ocurren ciertos fenómenos o el motivo de la relación entre dos variables, dicho de otro modo, procuran fijar el motivo del fenómeno que es estudiado.<sup>26</sup> Además en esta tesis se demostrará los efectos que tiene la incorporación de cal hidratada y ceniza de madera en la estabilidad de la subrasante, para ello se realizan ensayos a compresión simple, CBR, límites de consistencia, Proctor modificado y clasificación de suelos.

---

<sup>26</sup> (Hernández y Fernández, 2014, p.93)

**3.1.4. Enfoque de investigación,** la presente tesis se utilizó el enfoque cuantitativo ya que se utilizarán procedimientos de forma secuencial, cada etapa es precede a la otra y no se omiten pasos. El orden es muy estricto, pero es reformulable de acuerdo a los requerimientos, parten de ideas y se plantean objetivos.<sup>27</sup>Además, en este proyecto se parte de la idea de incorporar cal hidratada y ceniza de madera a la subrasante, se delimita y se crean objetivos, preguntas de investigación, se generan hipótesis y variables de las preguntas y se procede a probarlas, se analizan resultados obtenidos utilizando métodos estadísticos y se plantean las conclusiones.

### **3.2. Variables y operacionalización**

la variable independiente es la Cal hidratada y ceniza de madera, la cual definimos como la cantidad de cal y ceniza de madera que mezclado con el suelo como aditivo natural y busca el mejoramiento del mismo.

Por otra parte, la dimensión es la dosificación y los indicadores son cal en 2% y ceniza de madera en 12%, 17% y 22%, finalmente la escala de medición es la razón.

La Variable dependiente es la Estabilidad de la subrasante la cual definimos como, las propiedades físico-mecánicas del suelo natural se tratan para generar un suelo óptimo para su utilización en la construcción de vías, lo que se denomina mejora geomecánica y la definición operacional se trata en que se plantea combinaciones de porcentajes de cal hidratada y ceniza de madera en los suelos de subrasantes de tipo arcillosa con propiedades deficientes con el fin de optimizar estas. La dimensión es el óptimo contenido de humedad, máxima densidad seca, Resistencia a compresión, Capacidad de soporte y los indicadores son: Proctor modificado (% y Kg/m<sup>3</sup>), Ensayo de CBR (%), Ensayo de compresión simple no confinada (Kg/cm<sup>2</sup>). Finalmente, para la escala de medición se aplicaron las unidades de medición por lo tanto es de tipo de razón

---

<sup>27</sup> (Hernández y Fernández, 2014)

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

**3.3.1. Población,** Es el conjunto de todas las unidades analizadas y estas pertenecen a un ámbito espacial donde se desarrolla la labor de investigación.<sup>28</sup>

En la presente tesis se tomará como población a la subrasante de la carretera Larampuquio –Accocapillapata, departamento de Ayacucho.

**3.3.2. Muestra,** Se considera a un fragmento representativo de la población, cuyas características principales es ser objetiva y ser un reflejo de la población.<sup>28</sup>

En la presente investigación la muestra está conformada por el tramo Km 0+000 – Km 4+500 de la subrasante, del cual se considera los tramos más críticos de la carretera. Se realizan 4 calicatas con una profundidad de 1.5m en las progresivas Km 0+750, 2+850, 3+020 y 4+500.

**3.3.3. Muestreo,** El muestreo no probabilístico es aquel en la que no todos los elementos que conforman la población pueden ser seleccionados para conformar la muestra, son representativos, es intencionalmente escogida.<sup>29</sup>

En la siguiente tabla se observa la cantidad de ensayos (Granulometría, Proctor modificado, CBR, límites de consistencia y compresión simple), estos ensayos se realizarán de acuerdo al tipo de muestra que se tenga, asimismo se presentan las abreviaturas para la cal hidratada (CH), ceniza de madera (CM).

---

<sup>28</sup> (Carrasco, 2006, p.47)

<sup>29</sup> (Carrasco, 2006, p.48)

**Tabla 6.** Total de ensayos a realizar a las muestras de suelo de las calicatas

Muestra	Proporcion	Granulometria	Limites de consistencia	Proctor modificado	CBR	Compresion simple	Sub total de muestras
		Laboratorio	Laboratorio	Laboratorio	Laboratorio	Laboratorio	
CC-01	0%CH+0%CM	1	1	1	1	1	5
CC-01	2%CH+12%CM	0	0	1	1	1	3
CC-01	2%CH+17%CM	0	0	1	1	1	3
CC-01	2%CH+22%CM	0	0	1	1	1	3
CC-02	0%CH+0%CM	1	1	1	1	1	5
CC-02	2%CH+12%CM	0	0	0	0	0	0
CC-02	2%CH+17%CM	0	0	0	0	0	0
CC-02	2%CH+22%CM	0	0	0	0	0	0
CC-03	0%CH+0%CM	1	1	1	1	1	5
CC-03	2%CH+12%CM	0	0	0	0	0	0
CC-03	2%CH+17%CM	0	0	0	0	0	0
CC-03	2%CH+22%CM	0	0	0	0	0	0
CC-04	0%CH+0%CM	1	1	1	1	1	5
CC-04	2%CH+12%CM	0	0	1	1	1	3
CC-04	2%CH+17%CM	0	0	1	1	1	3
CC-04	2%CH+22%CM	0	0	1	1	1	3
<b>TOTAL</b>							<b>38</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**3.4.1. Técnica de recolección de datos,** “Esto engloba la creación y aplicación de estrategias específicas que son destinadas a recoger datos que son necesarios para la investigación”.<sup>30</sup>

En esta investigación se utiliza como técnica de recolección el análisis documental, con el único fin de buscar información que se relacione al tema de estudio en esta tesis, como son libros especializados, tesis de investigación, revistas científicas, artículos, también se utiliza la técnica de observación sistémica, ya que ayuda a recolectar información que es necesaria para la medición de los indicadores de las variables dependientes (estabilidad de la subrasante).

**3.4.2. Instrumento de recolección de datos,** Hace referencia al recurso que es utilizado por el investigador para recolectar y almacenar información relevante sobre las variables.<sup>30</sup>

<sup>30</sup> (Hernández y Torres, 2018)

Para realizar los ensayos de resistencia a compresión simple, CBR, Proctor modificado, límites de consistencia se emplea como instrumento de recolección de datos las fichas técnicas de laboratorio.

**3.4.3. Validez**, “Es la coherencia, consistencia y fiabilidad de los resultados”.<sup>31</sup>

Este estudio es validado con los ensayos de laboratorio y exploraciones de campo, que están sometidas a normas más vigentes por instituciones estandarizadas de los tipos de ensayo geotécnico a nivel nacional e internacional, estas instituciones son: MTC, NTP, ASTM Y AASHTO. Además, se adjuntará un panel de fotografías del desarrollo de los procesos de ensayo, para finalizar y otorgarle mayor grado de validez se aplica una evaluación detallada por juicio de expertos.

**3.4.4. Confiabilidad**, “Grado en el que un instrumento mide la variable que pretende ser medido”.<sup>31</sup>

Una base fundamental de la confiabilidad, es ofrecer un mayor grado de veracidad a los datos que se obtienen. Por este motivo la elaboración de informes y desarrollo de ensayos será ejecutado por un laboratorio altamente implementado que cuente con certificado de calibración de equipos, amplia experiencia en la geotecnia, también que este conformado por un personal técnico capacitado. De la misma manera con los proveedores de aditivos.

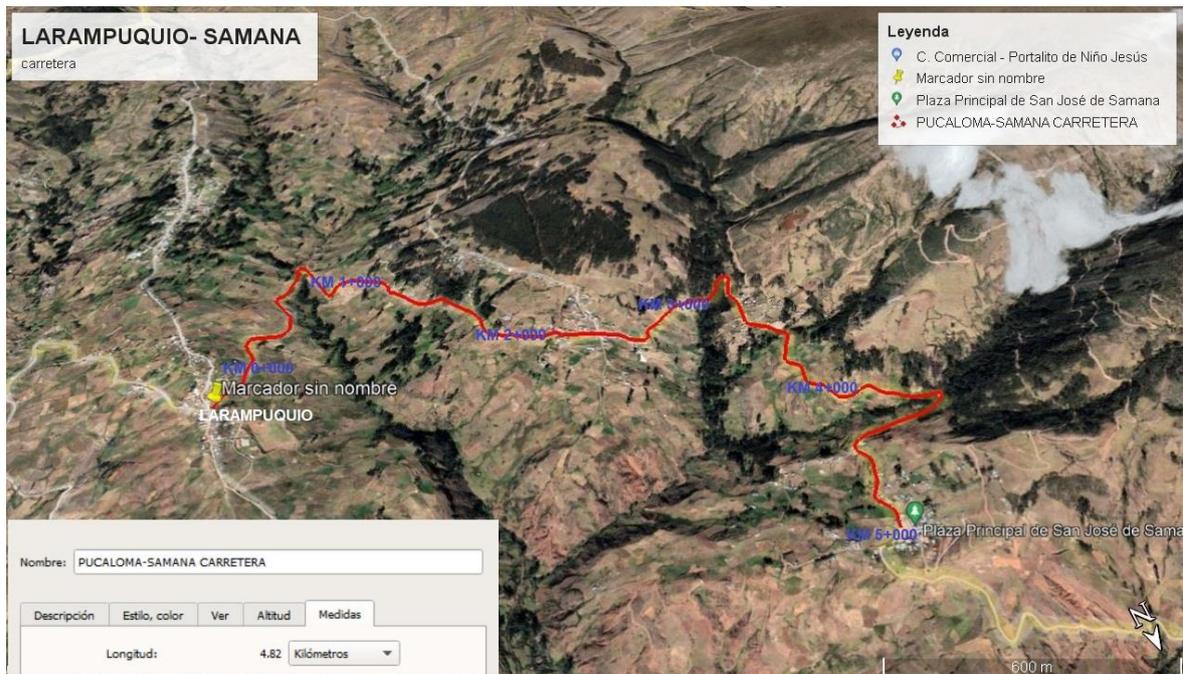
### **3.5. Procedimientos**

Para la realizar esta tesis se tuvieron 6 etapas las que se mencionan a continuación: **Etapas 1**, se toman las referencias bibliográficas y se busca información relacionada a la estabilización de la subrasante con adiciones de cal hidrata y ceniza de madera o afines a ello, se investiga características químicas de estas. Seguidamente se realiza investigaciones sobre subrasantes que fueron estabilizadas.

---

<sup>31</sup> (Hernández y Fernández, 2014)

Para la **Etapa 2**, se realiza un viaje a la zona de estudio que es la carretera Larampuquio- Accocapillapata que pertenece al departamento de Ayacucho, para realizar una inspección visual del terreno de estudio, se determina los puntos más críticos del tramo de estudio las cuales comprenden de las siguientes progresivas Km 0+750, 2+850, 3+020, 4+500. Se realizo 4 calicatas de estudio que tienen una profundidad de 1.5m en las progresivas mencionadas ya que estas son los puntos más críticos del tramo de estudio, de cada calicata se extrajeron 3 costales de muestra de 50kg de cada una. Se compro la cal hidratada y se recolecto la ceniza de madera, para luego trasladarlas al laboratorio de mecánica de suelos.



*Figura 3.* Localización de la zona de estudio

Fuente: Google Earth 2022



*Figura 4.* Calicata de estudio para la obtención de muestras

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente en la **Etapa 3**, se realiza la parte experimental de las muestras inalteradas, primeramente, el cuarteo de las muestras extraídas de las calicatas como se especifica en la normativa del MTC E105 y de esta forma se obtuvieron muestras representativas, para realizar los ensayos respectivos. Los procedimientos realizados se encuentran en el anexo 8 de la norma.

A las muestras representativas obtenidas con anterioridad se les realizó el análisis granulométrico por tamizado según la normativa del MTC E107, para determinar la cantidad de gravas, arenas y finos. Seguidamente se determinó los límites de consistencia según la norma MTC E 110 y posteriormente de estos se realizó la clasificación de suelos por el método S.U.C.S y AASHTO. Posteriormente a estos ensayos se realizó el Proctor modificado según el MTC E 115 y resistencia a compresión según la norma MTC E 1103, al tener en cuenta la clasificación de suelos y los ensayos mecánicos practicados se tomaron las 2 muestras más críticas para ensayarlas más adelante.



Figura 5. Cuarteo de la muestra de suelo de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Tamizado de muestra de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia



*Figura 7.* Determinación de porcentaje de gravas, arenas y finos

Fuente: Elaboración propia



*Figura 8.* Determinación de los límites de Atterberg

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Determinación de los límites de Atterberg

Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Ensayo de Proctor modificado a las muestras de la CC-1

Fuente: Elaboración propia



Figura 11. Ensayo de CBR a la muestra de la CC-1

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Ensayo a compresión simple no confinada a la muestra de la CC-4

Fuente: Elaboración propia

No obstante, en la **Etapa 4**, se compra la cal hidrata y procedió a realizar el quemado de madera en un horno industrial a una temperatura de 190°C - 230°C, por un tiempo aproximado de 30min hasta obtener la ceniza. Posteriormente se recogió y peso la muestra obtenida de ceniza de madera para trasladarlo al laboratorio y realizarle el tamizado por la malla N° 40 del cual se obtuvo aproximadamente 45kg para su posterior ensayo al mezclarlo con el suelo arcilloso. Al contar con las materias necesarias (cal hidratada y ceniza de madera), se procedió a mezclar con agua teniendo en cuenta el óptimo contenido de humedad de cada muestra y dejándolo reposar por 2 horas para que estos reaccionen.

Seguidamente, en la **Etapa 5**, se procedió a realizar la mezcla manual de cada muestra de suelo que se consideró como crítico, para las cuales se toma muestras de la calicata 1 y la calicata 4 y se les incorporo 2% de cal hidrata más ceniza de madera en 12%, 17% y 22% con agua en cada muestra. Seguidamente se realizaron los ensayos de Proctor modificado según el MTC E 115, resistencia a compresión según MTC E 1103 y CBR de suelos según MTC E 132, todo esto a las muestras alteradas con incorporaciones de cal hidratada y ceniza de madera.



*Figura 13.* Preparación de muestras con incorporación de cal y ceniza de madera

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Ensayos de Proctor modificado a muestras alteradas

Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Ensayo de CBR a muestras alteradas

Fuente: Elaboración propia

Finalmente en la **Etapa 6**, se recogieron los datos de los ensayos realizados con el objetivo de compararlos y determinar las mejoras alcanzadas en sus propiedades mecánicas. Posteriormente se realizó el análisis estadístico de los resultados y se plantearon las discusiones, conclusiones y recomendaciones de la investigación.

### **3.6. Método de análisis de datos**

El procesamiento y análisis de datos se lleva a cabo con formatos Excel establecidos para cada tipo de ensayo utilizados por el laboratorio: JJM GEOINGENIERIA E.I.R.L. Se emplearon procedimientos que fueron validados por normativas nacionales e internacionales, y los resultados fueron comparados con las especificaciones técnicas vigentes actualmente. La contrastación de la hipótesis se realizó haciendo uso del software SPSS mediante la prueba de correlación de Pearson.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se hizo una evaluación de los efectos de incorporar cal hidratada y ceniza de madera para la estabilización de la subrasante de tipo arcilloso, para así mejorar sus propiedades mecánicas. Estos estudios se realizan con los expertos en mecánica de suelos del laboratorio JJM GEOINGENIERIA E.I.R.L en la ciudad de Ayacucho, teniendo en cuenta las normativas NTP y ASTM, bajo la supervisión de ingenieros consultores y especialistas en cada ensayo realizado. Los resultados obtenidos del estudio se utilizan para plantear conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones

#### IV. RESULTADOS

Para realizar la estabilidad de la subrasante tipo arcilloso de la carretera Larampuquio –San Jose de Samana, se realiza una inspección visual de campo en la zona que se va realizar dicho estudio, donde se determina 4 puntos más críticos del tramo de esta carretera, para luego realizar en sayos generales como la granulometría por tamizado según el MTC E 107, límites de consistencia según el MTC E 110 y la clasificación de suelos según S.U.C.S Y ASSHTO, para complementar se realizó los ensayos de Proctor modificado según MTC E 115, resistencia a compresión no confinada según MTC E 1103 y CBR de los suelos según MTC E 132. De estos resultados se obtuvieron 2 muestras con resultados muy bajos o deficientes y con ello se realizó grupos de control con incorporaciones de cal hidratada en un 2% y ceniza de madera en 12%, 17% y 22% (respecto al peso seco del suelo), seguidamente se volvieron a realizar los ensayos de Proctor modificado, CBR y resistencia a compresión no confinada para comprarlos entre sí, así determinando la variación entre ellas. A continuación, se presentan resultados de los ensayos generales en laboratorio.



*Figura 16.* Calicata 3 de 1.5m de profundidad

#### 4.1. Ensayos generales

El resumen de caracterización de las muestras analizadas de los resultados respecto al objetivo general y al primer objetivo específico ya que luego de haber realizado la caracterización de suelos a las muestras estudiadas, así como los ensayos de resistencia y compactación se analizan los resultados, para posteriormente hacer una comparación y determinar 2 muestras críticas para realizar los grupos de control con incorporaciones de cal hidratada y ceniza de madera según corresponda.

**Tabla 7. Resumen de las características físico-mecánicas de las muestras analizadas**

Calicata	Progresiva (Km)	Características físicas								Características mecánicas		
		L.L. (%)	L.P.(%)	I.P (%)	Finos (%)	S.U.C.S	AASHTO	MDS (tn/m3)	OCH (%)	Resistencia a compresión simple no confinada Kg/cm2	Capacidad de soporte	
											CBR al 95% de la MDS (%)	CBR al 100% de la MDS (%)
CC-1	0+750	35.79	21.47	14.31	56.92	CL	A-6(6)	1.735	10.97	2.4	3	4.27
CC-2	2+850	43.30	21.86	21.43	68.88	CL	A-7(14)	1.72	11.31	10.7	4	10
CC-3	3+020	30.36	16.59	13.76	57.96	CL	A-6(6)	1.726	11.08	5.9	4.5	7.59
CC-4	4+500	41.18	25.22	15.96	82.34	CL	A-7(19)	1.733	11.54	3.4	4	6

Fuente: Elaboración propia

En base al manual de carreteras del MTC, sección suelos, geología y pavimentos cap.III y sub cap. 3.3 nos hace mención que los suelos adecuados y estabilizados son aquellos con un CBR  $\geq$  6%, caso contrario con CBR  $\leq$  6%, es considerado una subrasante inestable o inadecuada. Tomando este criterio que hace mención el MTC, se debe estabilizar el suelo de la CC-1 y la CC-4, ya que su CBR  $\leq$  6%.

La muestra de la CC-1 presenta un índice de plasticidad de 14.31%, clasificándolo de acuerdo a su índice de plasticidad como un suelo arcilloso, pero también presenta un porcentaje de finos de 56.92%, por lo que según su clasificación AASTHO es considerado como suelo muy pobre. La máxima densidad seca que presenta es de 1.735 tn/m3 y un óptimo contenido de humedad de 10.97%. Finalmente, la capacidad de resistencia a compresión simple de este suelo es de 2.4 kg/cm2, un CBR al 95% de 3% y un CBR al 100% de 4.27%.

La muestra de la CC-4 presenta un índice de plasticidad de 15.96%, clasificándolo de acuerdo a su índice de plasticidad como un suelo arcilloso, pero también presenta un porcentaje de finos de 82.34%, por lo que según su clasificación AASTHO es considerado como suelo muy pobre. La máxima densidad seca que presenta es de 1.733 tn/m<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 11.54%. Finalmente, la capacidad de resistencia a compresión simple de este suelo es de 3.4 kg/cm<sup>2</sup>, un CBR al 95% de 4% y un CBR al 100% de 6%.

Los valores de las muestras de la CC-1 y CC-4 son los más bajos y por ende se tomaron como los más críticos para poder ser estabilizados con 2% de cal hidratada y proporciones de 12%, 17% y 22% de ceniza de madera, los cuales son representados en los posteriores ensayos.

Para la obtención de la ceniza de madera y cal hidratada se hizo un previo tamizado en laboratorio por la malla N°40 en el cual se obtuvo la siguiente cantidad que se muestra en la tabla.

**Tabla 8.** Resultado del tamizado de ceniza de madera y cal hidratada

<b>Materia prima</b>	<b>Peso bruto (Kg)</b>	<b>Peso tamizado (Kg)</b>
Madera seca	60	45
Cal hidratada	20	20

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron ensayos estándares como el análisis granulométrico de suelos por tamizado según el (MTC E 107) y límites de consistencia según el (MTC E 110), para así determinar la clasificación de suelos por el método SUCS y AASTHO de las muestras en estado natural de las 4 calicatas de estudio.



Figura 17. Cuarteo de muestra de suelo obtenido



Figura 178. Tamizado de muestra de suelo



Figura 19. Ensayo de límites de Atterberg CC-1



Figura 20. Ensayo de límites de Atterberg CC-4

**Tabla 9.** *Propiedades de los suelos en estudio*

Calicata	Progresiva (Km)	L.L (%)	L.P(%)	I.P (%)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Clasificación S.U.C.S	Clasificación AASHTO
CC-1	0+750	35.79	21.47	14.31	17.90	25.18	56.92	CL	A-6 (6)
CC-2	2+850	43.30	21.86	21.43	5.44	25.68	68.88	CL	A-7 (14)
CC-3	3+020	30.36	16.59	13.76	8.20	33.84	57.96	CL	A-6 (6)
CC-4	4+500	41.18	25.22	15.96	0.48	17.18	82.34	CL	A-7 (19)

Fuente: Elaboración propia.

De la anterior tabla se puede observar que para la muestra de la CC-1 se evidencia un requerimiento granulométrico que cumpla con la distribución de partículas, el porcentaje de gravas para esta muestra es de 17.9%, arenas de 25.18% y finos de 56.92%. Asimismo, presenta limite liquido de 35.79%, limite plástico de 21.47% y un índice de plasticidad de 14.31%, clasificando al suelo en función a su índice de plasticidad como arcilloso. Finalmente, según S.U.C.S el suelo se clasifica como arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) y la clasificación según AASHTO es como suelo arcilloso (A-6(6)).

Para la muestra de la CC-2 se evidencia un requerimiento granulométrico que cumpla con la distribución de partículas, el porcentaje de gravas para esta muestra es de 5.44%, arenas de 25.68% y finos de 68.88%. Asimismo, presenta limite liquido de 43.3%, limite plástico de 21.86% y un índice de plasticidad de 21.43%, clasificando al suelo en función a su índice de plasticidad como arcilloso. Finalmente, según S.U.C.S el suelo se clasifica como arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) y la clasificación según AASHTO es como suelo arcilloso (A-7(14)).

Para la muestra de la CC-3 se evidencia un requerimiento granulométrico que cumpla con la distribución de partículas, el porcentaje de gravas para esta muestra es de 8.20%, arenas de 33.84% y finos de 57.96%. Asimismo, presenta limite liquido de 30.36%, limite plástico de 16.59% y un índice de plasticidad de 13.76%, clasificando al suelo en función a su índice de plasticidad como arcilloso. Finalmente, según S.U.C.S el suelo se clasifica como arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) y la clasificación según AASHTO es como suelo arcilloso (A-6(6)).

Para la muestra de la CC-4 se evidencia un requerimiento granulométrico que cumpla con la distribución de partículas, el porcentaje de gravas para esta muestra es de 0.48%, arenas de 17.18% y finos de 82.34%. Asimismo, presenta limite liquido de 41.18%, limite plástico de 25.22% y un índice de plasticidad de 15.96%, clasificando al suelo en función a su índice de plasticidad como arcilloso. Finalmente, según S.U.C.S el suelo se clasifica como arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) y la clasificación según AASHTO es como suelo arcilloso (A-7(19)).

A continuación, se muestran los ensayos de compactación realizados respecto al segundo objetivo específicos se y para ello se realizaron los ensayos de compactación, proctor modificado según MTC E 115, para así poder determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad OCH% de las muestras estudiadas en laboratorio, cuyos resultados se plasman en la siguiente tabla.



Figura 18. Ensayo de Proctor modificado para muestras inalteradas

**Tabla 10.** *Ensayos de Proctor modificado*

Calicata	Progresiva (Km)	Ensayo de proctor modificado	
		Máxima densidad seca MDS (tn/m <sup>3</sup> )	Óptimo contenido de Humedad OCH (%)
CC-1	0+750	1.735	10.97
CC-2	2+850	1.720	11.31
CC-3	3+020	1.726	11.08
CC-4	4+500	1.733	11.54

Fuente: Elaboración propia

De la anterior tabla se puede observar que para la muestra de la CC-1, se obtiene una máxima densidad seca de 1.735 tn/m<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 10.97%; para la muestra de la CC-2 se tiene una máxima densidad seca de 1.720 tn/m<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 11.31%; para la muestra de la CC-3 se tiene una máxima densidad seca de 1.726 tn/m<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 11.08 y finalmente para la muestra de la CC-4 se tiene una máxima densidad seca de 1.733 tn/m<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 11.54%.

Los ensayos de resistencia respecto al tercer y cuarto objetivo específico se realizaron los ensayos de resistencia a las muestras de las calicatas en estudio, para así determinar la resistencia a compresión no confinada según el MTC E 1103 y la capacidad de soporte CBR de suelos según el MTC E 132 y los resultados se plasman en la siguiente tabla.



Figura 19. Ensayo de CBR para muestras inalteradas

Tabla 11. Ensayos de resistencia

Calicata	Progresiva (Km)	Ensayo de de resistencia		
		Resistencia a compresión simple no confinada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidad de soporte	
			CBR al 95% de la MDS (%)	CBR al 100% de la MDS (%)
CC-1	0+750	2.4	3	4.27
CC-2	2+850	10.7	4	10
CC-3	3+020	5.9	4.5	7.59
CC-4	4+500	3.4	4	6

Fuente: Elaboración propia

De la anterior tabla se puede observar que para la muestra de la CC-1, se obtuvo una resistencia a compresión no confinada de 2.4 kg/cm<sup>2</sup> y un CBR al 95% de 3% y un CBR al 100% de 4.27%; para la muestra de la CC-2 se tuvo una resistencia a compresión no confinada de 10.7 kg/cm<sup>2</sup> y un CBR al 95% de 4% y un CBR al 100% de 10%; para la muestra de la CC-3 se tuvo una resistencia a compresión no confinada de 5.9 kg/cm<sup>2</sup> y un CBR al 95% de 4.5% y un CBR al 100% de 7.59%; y finalmente para la muestra de la CC-4 se tuvo una resistencia a compresión no confinada de 3.4kg/cm<sup>2</sup> y un CBR al 95% de 4% y un CBR al 100% de 6%.

#### 4.2. Influencia de la cal hidratada y ceniza de madera en el OCH y MDS de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio

Los resultados respecto al segundo objetivo específico se realizan grupos de control con incorporaciones de cal hidratada en 2% y ceniza de madera en 12%, 17% y 22% en las muestras de las CC-1 y CC-4, para así poder realizar el ensayo de compactación (Proctor modificado) y así determinar la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH).

Los ensayos a compactación según el MTC E 115 que se realizaron en la muestra de la CC-1 se presentan a continuación.



Figura 20. Ensayo de Proctor modificado a muestra alterada

Tabla 12. Resultados del ensayo de Proctor modificado CC-1

Muestra	Dosificación (%)	MDS(tn/m <sup>3</sup> )	OCH (%)
ME	0%CH+0%CM	1.735	10.97
MD1	2%CH+12%CM	1.757	12.30
MD2	2%CH+17%CM	1.942	13.49
MD3	2%CH+22%CM	1.863	11.35

Fuente: Elaboración propia

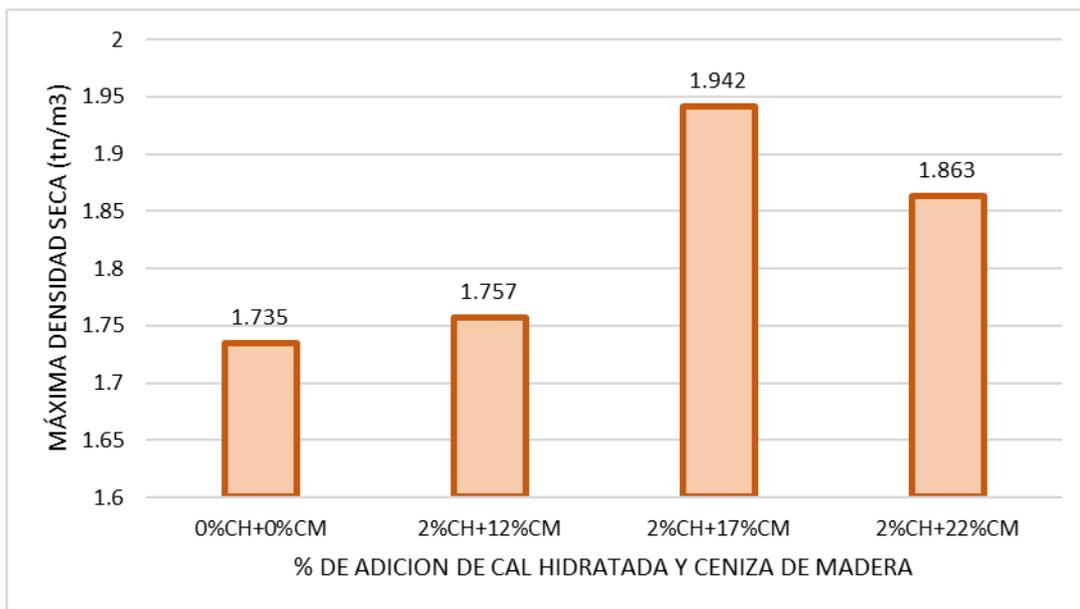


Figura 21. Máxima densidad seca en función de la dosificación

Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior se observa que la máxima densidad seca (MDS) del suelo sin incorporación o sin estabilizar es de 1.735 tn/m<sup>3</sup>, para una incorporación de 2% CH+12% CM la MDS es de 1.757 tn/m<sup>3</sup>, para una incorporación de 2% CH+ 17%CM la MDS es de 1.942 tn/m<sup>3</sup> y finalmente para una incorporación de 2%CH+ 22%CM la MDS es de 1.863 tn/m<sup>3</sup>.

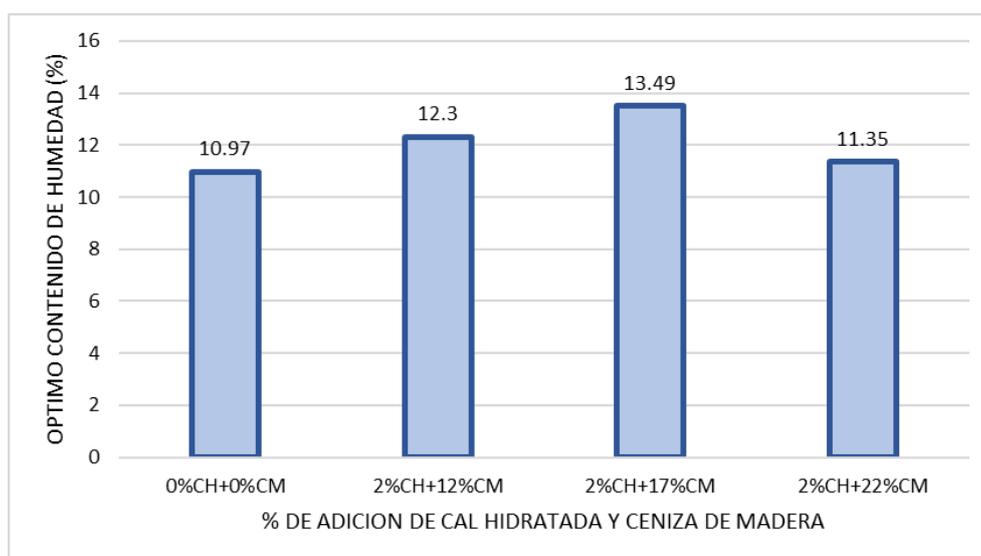


Figura 22. Óptimo contenido de humedad en función de la dosificación

Fuente: Elaboración propia

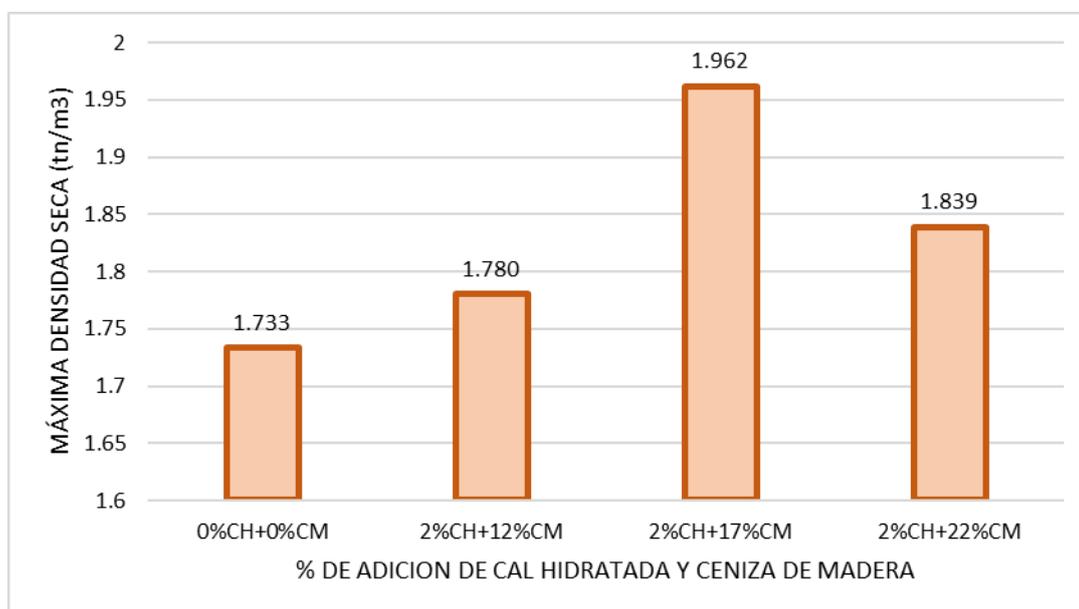
De la figura anterior se observa que el valor porcentual del óptimo contenido de humedad (OCH) del suelo sin incorporación o sin estabilizar es de 10.97%, para una incorporación de 2% CH+12%CM el OCH es del 12.3%, para una incorporación de 2% CH+ 17%CM el OCH es de 13.49% y finalmente para una incorporación de 2%CH+ 22%CM el OCH es de 11.35%.

Para la CC-4 se presentan los siguientes resultados:

**Tabla 13.** Resultados del ensayo de Proctor modificado CC-4

Muestra	Dosificación (%)	MDS(tn/m <sup>3</sup> )	OCH (%)
ME	0%CH+0%CM	1.733	11.54
MD1	2%CH+12%CM	1.780	11.93
MD2	2%CH+17%CM	1.962	13.32
MD3	2%CH+22%CM	1.839	12.25

Fuente: Elaboración propia



*Figura 23.* Máxima densidad seca en función de la dosificación

Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior se observa que la máxima densidad seca (MDS) del suelo sin incorporación o sin estabilizar es de 1.733 tn/m<sup>3</sup>, para una incorporación de 2% CH+12% CM la MDS es de 1.780 tn/m<sup>3</sup>, para una incorporación de 2%

CH+ 17%CM la MDS es de 1.962 tn/m<sup>3</sup> y finalmente para una incorporación de 2%CH+ 22%CM la MDS es de 1.839 tn/m<sup>3</sup>.

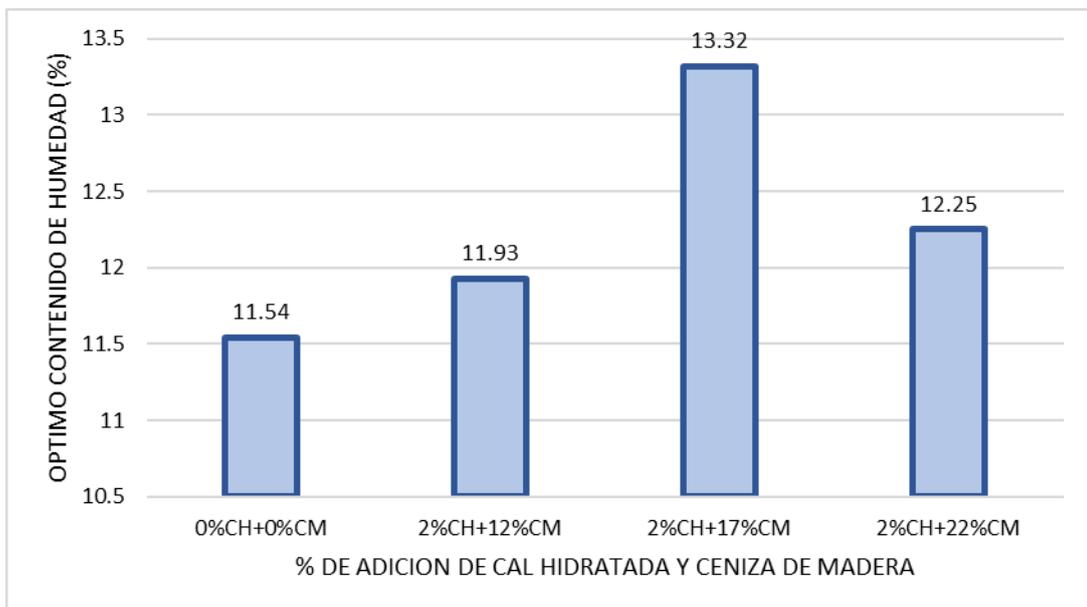


Figura 24. Óptimo contenido de humedad en función de la dosificación

Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior se observa que el valor porcentual del óptimo contenido de humedad (OCH) del suelo sin incorporación o sin estabilizar es de 11.54%, para una incorporación de 2% CH+12%CM el OCH es del 11.93%, para una incorporación de 2% CH+ 17%CM el OCH es de 13.32% y finalmente para una incorporación de 2%CH+ 22%CM el OCH es de 12.25%.

#### 4.3. Influencia de la cal hidratada y ceniza de madera en la resistencia a compresión de la subrasante de tipo arcilloso

Los resultados respecto al tercer objetivo específico obtenidos a partir de los ensayos según el MTC E 1103 de la CC-1 se muestran a continuación:

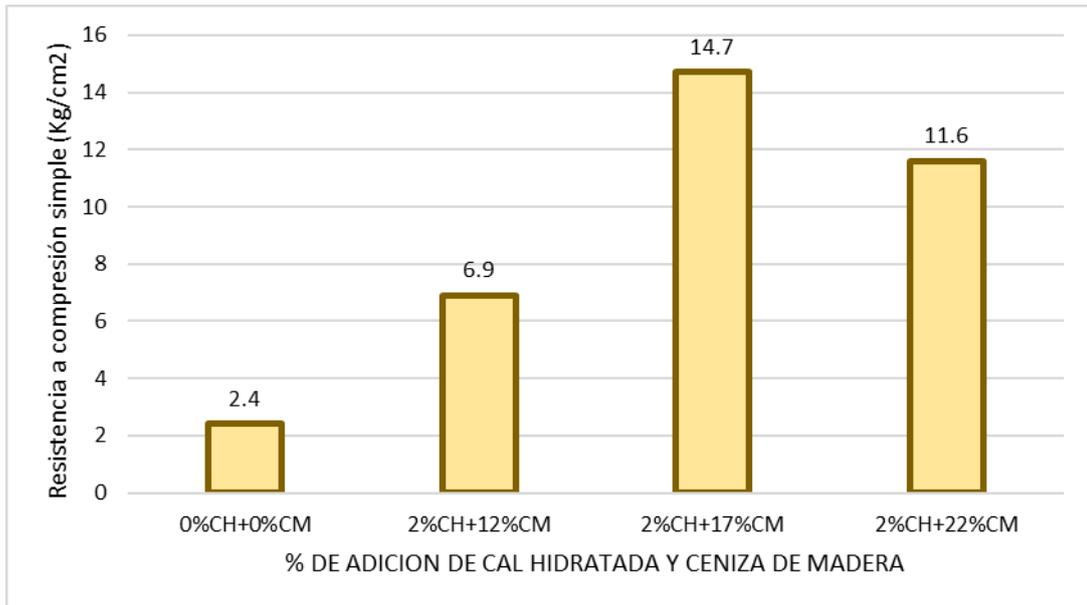


Figura 25. Ensayo de resistencia a compresión simple de muestras alteradas

Tabla 14. Resultados del ensayo a compresión simple de la CC-1

Muestra	Dosificación (%)	Compresion simple (Kg/cm <sup>2</sup> )
ME	0%CH+0%CM	2.4
MD1	2%CH+12%CM	6.9
MD2	2%CH+17%CM	14.7
MD3	2%CH+22%CM	11.6

Fuente: Elaboración propia



*Figura 26.* Resistencia a compresión simple de la CC-1 en función a la dosificación

Fuente: Elaboración propia

De la tabla y figura anterior se observa que la resistencia a compresión simple no confinada para la muestra de la CC-1 sin incorporaciones de cal hidratada y ceniza de madera es de 2.4 Kg/cm<sup>2</sup>, para la incorporación de 2% CH+ 12% CM la resistencia a compresión simple es de 6.9 Kg/cm<sup>2</sup>, para la incorporación de 2%CH+17%CM la resistencia a compresión simple es de 14.9 Kg/cm<sup>2</sup> y, por último, para la incorporación de 2%CH+ 22%CM la resistencia a compresión simple no confinada es de 11.6 Kg/cm<sup>2</sup>.

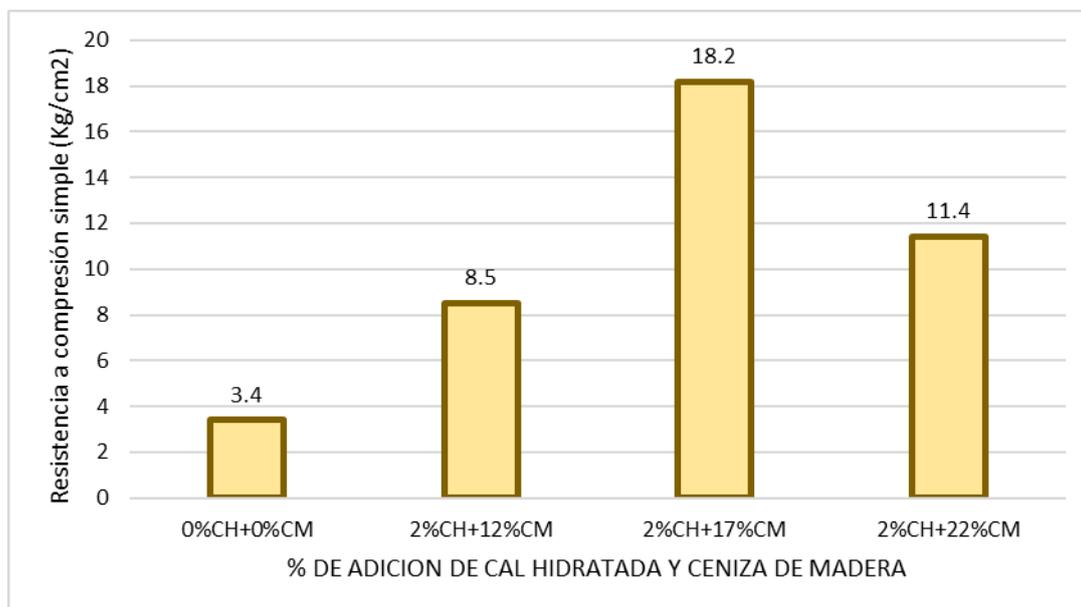
El MTC recomienda un valor mínimo de 18 Kg/cm<sup>2</sup> en suelos de subrasantes estabilizadas, por lo que no se estaría cumpliendo con esta resistencia a compresión mínima en las muestras de la CC-1.

Los resultados de los ensayos a compresión simple para las muestras de la CC-4 se presentan a continuación:

**Tabla 15.** Resultados del ensayo a compresión simple de la CC-4

Muestra	Dosificación (%)	Compresion simple (Kg/cm <sup>2</sup> )
ME	0%CH+0%CM	3.4
MD1	2%CH+12%CM	8.5
MD2	2%CH+17%CM	18.2
MD3	2%CH+22%CM	11.4

Fuente: Elaboración propia



*Figura 27.* Resistencia a compresión simple de la CC-4 en función a la dosificación

Fuente: Elaboración propia

De la tabla y figura anterior se observa que la resistencia a compresión simple no confinada para la muestra de la CC-4 sin incorporaciones de cal hidratada y ceniza de madera es de 3.4 Kg/cm<sup>2</sup>, para la incorporación de 2% CH+ 12% CM la resistencia a compresión simple es de 8.5 Kg/cm<sup>2</sup>, para la incorporación de 2%CH+17%CM la resistencia a compresión simple es de 18.2 Kg/cm<sup>2</sup> y, por último, para la incorporación de 2%CH+ 22%CM la resistencia a compresión simple no confinada es de 11.4 Kg/cm<sup>2</sup>.

El MTC recomienda un valor mínimo de 18 Kg/cm<sup>2</sup> en suelos de subrasantes estabilizadas, por lo que se estaría cumpliendo con esta resistencia a compresión mínima en la muestra con incorporación de 2%CH+17%CM de la CC-4.

#### 4.4. Influencia de la cal hidratada y ceniza de madera en la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcilloso

Los resultados obtenidos respecto al cuarto objetivo específico de los ensayos de capacidad de soporte o CBR según el MTC E 132, para las muestras de la CC-1 se presentan a continuación.



Figura 28. Ensayo de CBR a muestras alteradas

Tabla 16. CBR al 95% y CBR al 100% de las muestras de la CC-1

Muestra	Dosificación (%)	CBR al 100% de la MDS	CBR al 95% de la MDS
ME	0%CH+0%CM	4.27	3.0
MD1	2%CH+12%CM	6.59	4.49
MD2	2%CH+17%CM	18.96	10.6
MD3	2%CH+22%CM	15.22	6.3

Fuente: Elaboración propia

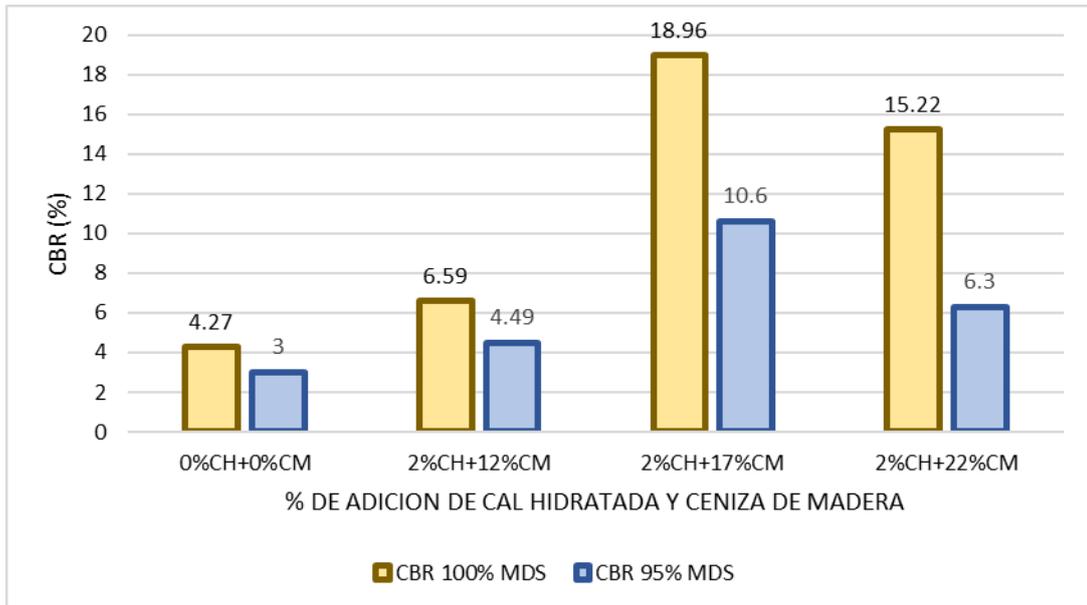


Figura 29. Porcentajes de CBR al 95% y 100% para las muestras de la CC-1

Fuente: Elaboración propia

De la tabla y figura anterior se observa los resultados porcentuales del CBR al 95% y 100% de la MDS, para la muestra sin incorporaciones de CH+CM es de 3% al 95% de la MDS y 4.27% al 100% de la MDS, para la muestra con incorporación de 2%CH+12%CM el CBR al 95% de la MDS es de 4.49% y al 100% de la MDS es de 6.59%, para la muestra con incorporación de 2%CH+17%CM el CBR al 95% de la MDS es de 10.6% y al 100% de la MDS es de 18.96% y para la muestra con incorporación de 2%CH+22%CM el CBR al 95% de la MDS es de 6.3% y al 100% de la MDS es de 15.22%.

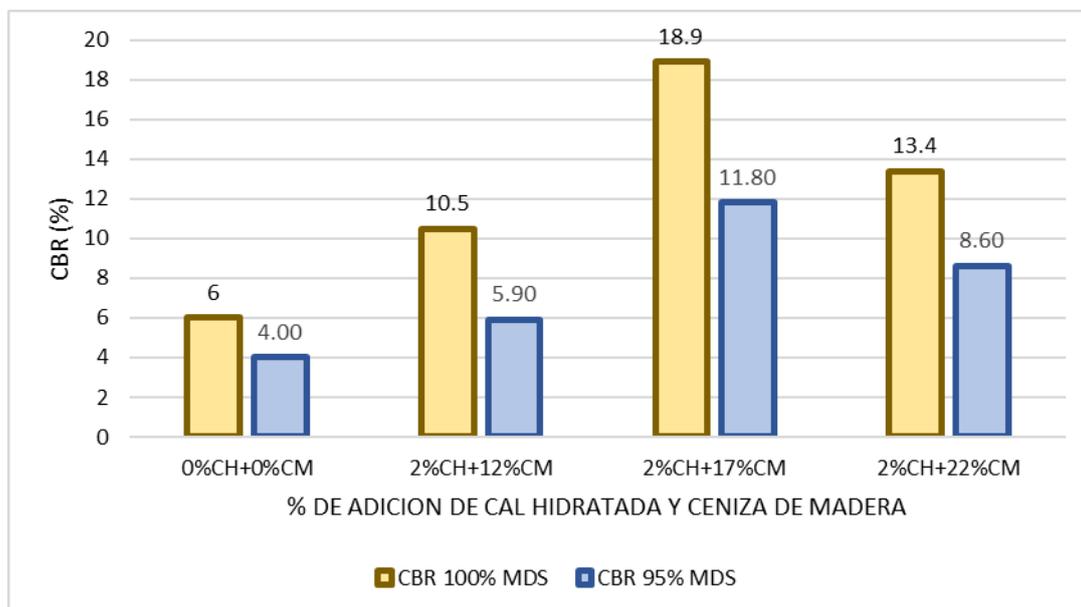
El MTC sección suelos, geología cap.III, sub cap.3.3 subrasante en caminos menciona que los suelos estables y adecuados son aquellos con  $CBR \geq 6\%$ , caso contrario  $CBR < 6\%$  es considerado subrasante inadecuada o insuficiente. Basándonos en los resultados obtenidos, estaríamos cumpliendo con lo que se recomienda en el MTC.

Los resultados de los ensayos de capacidad de soporte CBR según el MTC E 132 a las muestras de la CC-4 se presentan a continuación.

**Tabla 17. CBR al 95% y CBR al 100% de las muestras de la CC-4**

Muestra	Dosificación (%)	CBR al 100% de la MDS	CBR al 95% de la MDS
ME	0%CH+0%CM	6.00	4.0
MD1	2%CH+12%CM	10.50	5.90
MD2	2%CH+17%CM	18.90	11.80
MD3	2%CH+22%CM	13.40	8.60

Fuente: Elaboración propia



**Figura 30. Porcentajes de CBR al 95% y 100% para las muestras de la CC-4**

Fuente: Elaboración propia

De la tabla y figura anterior se observa los resultados porcentuales del CBR al 95% y 100% de la MDS, para la muestra sin incorporaciones de CH+CM es de 4% al 95% de la MDS y 6% al 100% de la MDS, para la muestra con incorporación de 2%CH+12%CM el CBR al 95% de la MDS es de 5.90% y al 100% de la MDS es de 10.5%, para la muestra con incorporación de 2%CH+17%CM el CBR al 95% de la MDS es de 11.80% y al 100% de la MDS es de 18.90% y para la muestra con incorporación de 2%CH+22%CM el CBR al 95% de la MDS es de 8.6% y al 100% de la MDS es de 13.40%.

El MTC sección suelos, geología cap.III, sub cap.3.3 subrasante en caminos menciona que los suelos estables y adecuados son aquellos con  $CBR \geq 6\%$ , caso contrario  $CBR < 6\%$  es considerado subrasante inadecuada o

insuficiente. Basándonos en los resultados obtenidos, estaríamos cumpliendo con lo que se recomienda en el MTC.

#### 4.5. Prueba de hipótesis

Se contrastarán las hipótesis planteadas sobre la dosificación de cal hidratada y ceniza de madera en las características físicas y mecánicas de la subrasante para las muestras de la CC-1 y CC-4, para el cual se analizan si los datos de las muestras tienen una distribución normal con la prueba estadística SHAPIRO- WILK ya que esta se utiliza para muestras pequeñas ( $n < 50$ ), con ello se determinó el estadístico de prueba ANOVA para la contratación de la hipótesis, posteriormente se realiza la comparación múltiple de los tratamientos por medio de la prueba Tukey.

##### 4.5.1. Prueba de hipótesis para las características físicas de la subrasante arcillosa

PRIMERO: Se plantean la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ )

$H_0$ : Los datos de la máxima densidad seca tienen una distribución normal.

$H_1$ : Los datos de la máxima densidad seca no tienen una distribución normal.

SEGUNDO: Nivel de significancia de:  $\alpha = 5\%$  (0.05)

TERCERO: Toma de decisión

Si  $P_{valor} \leq 0.05$  Se rechaza la hipótesis nula

Si  $P_{valor} > 0.05$  Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 18.** Prueba de normalidad para la máxima densidad seca

	Kolmogorov- Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro -Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosificación de Cal hidratada y ceniza de madera	,151	4	.	,993	4	,972
Máxima densidad seca (MDS)	,255	4	.	,911	4	,489

a. Corrección de significación de Lilliefors

De la tabla anterior se tiene que los datos de la máxima densidad seca muestran un Pvalor=0.489, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se llega a la conclusión de que los datos tienen una distribución normal.

Los procedimientos para la contrastación de la hipótesis por ANOVA son lo siguiente:

PRIMERO: planteamiento de la hipótesis nula  $H_0$  y la hipótesis alternativa  $H_1$

$H_0$ : La máxima densidad seca (MDS) con incorporación de cal hidratada y ceniza de madera no tienen diferencias significativas.

$H_1$ : La máxima densidad seca (MDS) con incorporación de cal hidratada y ceniza de madera tienen diferencias significativas.

SEGUNDO: Nivel de significancia de  $\alpha=5\%$  (0.05), se realiza un análisis de varianza haciendo uso del software SPSS 25 mediante la prueba estadística ANOVA.

TERCERO: Toma de decisión

Si  $P_{valor} \leq 0.05$  Se rechaza la hipótesis nula

Si  $P_{valor} > 0.05$  Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 19. Análisis de la varianza para la máxima densidad seca**

Análisis de Varianza					
Variable dependiente: Máxima Densidad Seca MDS					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,080 <sup>a</sup>	5	,016	89,15	,000
Intersección	27,467	1	27,467	153661,55	,000
Muestra	,060	2	,030	167,514	,000
Dosificación de CH y CM	,020	3	,007	36,909	,000
Error	,001	6	,000		
Total	27,548	12			
Total, corregido	,081	11			
a. R al cuadrado = ,987 (R al cuadrado ajustada = ,976)					

Fuente: Elaboración propia

De la anterior tabla se observa que la dosificación de CH+CM (tratamientos) da un Pvalor= 0.000 y las muestras dan un Pvalor =0.000 por lo que:

Si  $p\text{-valor} < 0.05$  Rechazamos la hipótesis nula

Concluimos que al rechazar la hipótesis nula aceptamos la hipótesis altera “La máxima densidad seca (MDS) con incorporación de cal hidratada y ceniza de madera tienen diferencias significativas”.

La contrastación de la hipótesis de los resultados del OCH por ANOVA se representa en lo siguiente:

PRIMERO: planteamiento de la hipótesis nula  $H_0$  y la hipótesis alternativa  $H_1$

$H_0$ : El óptimo contenido de humedad (OCH) con la incorporación de cal hidrata y ceniza de madera no tienen diferencias significativas.

$H_1$ : El óptimo contenido de humedad (OCH) con la incorporación de cal hidrata y ceniza de madera tienen diferencias significativas.

SEGUNDO: Nivel de significancia de  $\alpha=5\%$  (0.05), se realiza un análisis de varianza haciendo uso del software SPSS 25 mediante la prueba estadística ANOVA.

TERCERO: Toma de decisión

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$  Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05$  Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 20. Análisis de varianza para el óptimo contenido de humedad**

<b>Análisis de Varianza</b>					
Variable dependiente: Óptimo contenido de humedad - OCH					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	106,973a	5	21,395	19,769	,001
Intersección	7340,853	1	7340,853	6783,129	,000
Muestra	28,007	2	14,003	12,939	,007
Dosificación de CH y CM	78,967	3	26,322	24,322	,001
Error	6,493	6	1,082		
Total	7454,320	12			
Total, corregido	113,467	11			

a. R al cuadrado = ,943 (R al cuadrado ajustada = ,895)

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se tiene dosificaciones de CH+CM (tratamientos) da un Pvalor= 0.007 y las muestras dan un Pvalor de =0.001 por lo que:

Si  $Pvalor < 0.05$  se rechaza la hipótesis nula

Concluimos que al rechazar la hipótesis nula aceptamos la hipótesis altera “El óptimo contenido de humedad (OCH) con la incorporación de cal hidrata y ceniza de madera tienen diferencias significativas”.

#### **4.5.1. Prueba de hipótesis para las características mecánicas de la subrasante arcillosa**

Contrastación de la hipótesis de los resultados de la resistencia a compresión simple no confinada por ANOVA tiene el siguiente procedimiento:

PRIMERO: planteamiento de la hipótesis nula  $H_0$  y la hipótesis alternativa  $H_1$

$H_0$ : La resistencia a compresión simple con la incorporación de cal hidrata y ceniza de madera no tienen diferencias significativas.

$H_1$ : La resistencia a compresión simple con la incorporación de cal hidrata y ceniza de madera no tienen diferencias significativas.

SEGUNDO: Nivel de significancia de  $\alpha=5\%$  (0.05), se realiza un análisis de varianza haciendo uso del software SPSS 25 mediante la prueba estadística ANOVA.

TERCERO: Toma de decisión

Si  $P_{valor} \leq 0.05$  Se rechaza la hipótesis nula

Si  $P_{valor} > 0.05$  Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 21.** *Análisis de varianza para la resistencia a la compresión simple*

<b>Análisis de Varianza</b>					
Variable dependiente: Resistencia a la compresión simple					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	748,452a	5	149,690	65,566	,000
Intersección	2505,630	1	2505,630	1097,490	,000
Muestra	96,435	2	48,217	21,120	,002
Dosificación de CH y CM	652,017	3	217,339	95,196	,000
Error	13,698	6	2,283		
Total	3267,780	12			
Total, corregido	762,150	11			
a. R al cuadrado = ,987 (R al cuadrado ajustada = ,976)					

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se tiene dosificaciones de CH+CM (tratamientos) da un  $P_{valor} = 0.002$  y las muestras dan un  $P_{valor} = 0.000$  por lo que:

Si  $P_{valor} < 0.05$  se rechaza la hipótesis nula

Concluimos que al rechazar la hipótesis nula aceptamos la hipótesis altera “La resistencia a compresión simple con la incorporación de cal hidrata y ceniza de madera no tienen diferencias significativas”.

La prueba de comparación múltiple se realiza ya que en el análisis de varianza demostró diferencias significativas se realiza la prueba de comparación múltiple de TUKEY para así determinar el mejor resultado de estos tratamientos con cal hidratada y ceniza de madera.

**Tabla 22. Prueba de Tukey de la resistencia a la compresión simple**

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
,00	3	5,5000		
12,00	3	9,9333	9,9333	
17,00	3		24,8000	24,8000
22,00	3			17,5667
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

Fuente: Elaboración propia

Concluimos a partir de los resultados de la tabla TUKEY podemos observar que son estadísticamente similares, no obstante, el tratamiento que presenta mejores resultados es el 2% CH + 17% CM.

La contrastación de la hipótesis de los resultados del CBR al 95% de la MDS por ANOVA tiene el siguiente procedimiento:

PRIMERO: planteamiento de la hipótesis nula  $H_0$  y la hipótesis alternativa  $H_1$

$H_0$ : El CBR al 95% de la MDS con la incorporación de cal hidratada y ceniza de madera no tienen diferencias significativas.

$H_1$ : El CBR al 95% de la MDS con la incorporación de cal hidratada y ceniza de madera tienen diferencias significativas.

SEGUNDO: Nivel de significancia de  $\alpha=5\%$  (0.05), se realiza un análisis de varianza haciendo uso del software SPSS 25 mediante la prueba estadística ANOVA.

TERCERO: Toma de decisión

Si  $P_{valor} \leq 0.05$  Se rechaza la hipótesis nula

Si  $P_{valor} > 0.05$  Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 23. Análisis de varianza para el CBR al 95% de la MDS**

Análisis de Varianza					
Variable dependiente: CBR al 95% de la MDS					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	221,938a	5	44,388	50,203	,000
Intersección	1054,688	1	1054,688	1192,861	,000
Muestra	73,055	2	36,527	41,313	,000
Dosificación de CH y CM	148,883	3	49,628	56,129	,000
Error	5,305	6	,884		
Total	1281,930	12			
Total, corregido	227,243	11			

a. R al cuadrado = ,987 (R al cuadrado ajustada = ,976)

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se tiene dosificaciones de CH+CM (tratamientos) da un Pvalor= 0.000 y las muestras dan un Pvalor de =0.000 por lo que:

Si  $Pvalor < 0.05$  se rechaza la hipótesis nula

Se concluye que al rechazar la hipótesis nula aceptamos la hipótesis altera “El CBR al 95% de la MDS con la incorporación de cal hidratada y ceniza de madera tienen diferencias significativas”.

La prueba de comparación múltiple se realiza ya que en el análisis de varianza demostró diferencias significativas se realiza la prueba de comparación múltiple de TUKEY para así determinar el mejor resultado de estos tratamientos con cal hidratada y ceniza de madera.

**Tabla 24. Prueba de Tukey del CBR al 95% de la MDS**

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
,00	3	4,6000	
12,00	3	7,9000	7,9000
17,00	3	14,1000	14,1000
22,00	3		10,9000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Elaboración propia

Se concluye a partir de los resultados de la tabla TUKEY podemos observar que son estadísticamente similares, no obstante, el tratamiento que presenta mejores resultados es el 2% CH + 17% CM.

## V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados de los ensayos realizados, y aceptando la hipótesis alterna, se procedió a hacer la discusión con los resultados obtenidos por los distintos autores del marco teórico.

Los ensayos realizados fueron respaldados por las normativas del MTC, teniendo en cuenta para el análisis granulométrico por tamizado la norma del MTC E 110, para el Proctor modificado el MTC E 115, para el CBR la norma del MTC E 132 y para la resistencia a la compresión simple la norma del MTC E 1103.

En la presente tesis se realizó un ensayo general de las muestras inalteradas, para así determinar las características físicas y mecánicas de las muestras de suelo, obteniendo en la clasificación de suelos por S.U.C.S un (CL) que representan a suelos arcillosos, también se obtuvo un porcentaje de finos de mayores al 50%, por otra parte en los ensayos de capacidad de soporte el CBR al 100% se obtuvo 4.27%, 10%, 7.59% y 6%, esto a la vez no cumple en lo establecido por el MTC ya que hace mención que suelos estables son aquellos con  $CBR > 6\%$ , por otra parte los suelos de las muestras alteradas con 2% de cal hidratada y ceniza de madera en 12%, 17% y 22% dieron un CBR al 100% de 10.5%, 18.90% y 13.40%, esto a la vez cumple con lo establecido por el MTC ya que presenta CBR mayor al 6%.

En la investigación realizada por Tantaquilla y Valdivia (2021) se sostiene que al incorporar 2% de cal hidrata al suelo el CBR paso de 3.7% a 16.91% que representa un incremento de 91%, los resultados obtenidos son similares a los obtenidos en esta investigación realizada por Tantaquilla y Valdivia ya que se incrementa el CBR a medida que se incrementa cal hidratada y ceniza de madera, mejorando así las características mecánicas de la subrasante, por ende, contribuyendo positivamente en la estabilización.

En la presente investigación se observa los resultados para las muestras de la CC-1 y CC-4, que evidencia un requerimiento granulométrico con cumpla con una buena distribución de granos, ya que el porcentaje de gravas es de 17.9%, arenas igual a 25.18% y un porcentaje de finos de 56.92%. Asimismo, se observa que presenta un límite líquido de 35.79%, un límite plástico de 21.47% y un índice de plasticidad de 14.31%, clasificando al suelo como muy arcilloso en función de su

índice de plasticidad, la clasificación según S.U.C.S lo denomina como arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) y según AASHTO lo clasifica como suelo pobre A-6 (6).

En la investigación realizada por Alanya (2021), menciona que la ceniza de madera es un estabilizante natural que ayuda al suelo en mejorar sus atributos físicos y mecánicos al ser incorporado en dosis de hasta un 25% del peso del suelo seco, con los resultados de los ensayos se observa que el suelo es de tipo arcillo por lo que se estabilizó con cal hidratada y ceniza de madera en porcentajes de hasta 22 %, así mejorando sus características físicas y mecánicas por lo que se comparte lo mencionado en la investigación realizada por Alanya ya que se obtuvieron resultados positivos y significativos.

En la presente investigación, respecto a los resultados obtenidos de la CC-1 (A-6- (6)) de muestras alteradas con incorporación de 2% de cal hidratada y 17% de ceniza de madera da un mayor valor en la MDS de 1.942 tn/m<sup>3</sup> y un mayor valor de OCH de 13.49% del cual podemos deducir que la MDS y OCH se incrementan con respecto a la muestra sin estabilizar en un 12%, en la muestra de la CC-4 (A-7- (19)) con las incorporaciones de 2% cal hidratada y en 17% de ceniza de madera que dan como resultado un mayor valor en la MDS de 1.962 tn/m<sup>3</sup> y un OCH de 13.32% del cual podemos deducir que hay un incremento del 13% respecto a la muestra patrón.

En la investigación realizada por Alanya (2021), menciona que al incorporar 25% de ceniza de madera y cal hidratada en determinados porcentajes se mejora las propiedades físico-mecánico del suelo, donde el contenido de humedad se incrementa en un 17% y la MDS en un 15% respecto a las muestra patrón. De esta manera se concuerda con lo mencionado con Alanya, ya que los porcentajes utilizados en el presente estudio son similares a este estudio, no obstante con el se incrementa la máxima densidad seca en un porcentaje similar a esta investigación.

En la presente investigación, respecto a los resultados obtenidos de la CC-1 (A-6- (6)) de muestras alteradas con incorporación de 2% de cal hidratada y 17% de ceniza de madera se obtiene un mayor valor en la resistencia a compresión simple no confinada de 14.7 Kg/cm<sup>2</sup>, esto representa un incremento del 612.5% respecto a la muestra patrón o sin estabilizar, por otra parte las muestras de la CC-4 (A-7-

(19)), dan un mayor valor en la resistencia a compresión simple no confinada de 18.2 Kg/cm<sup>2</sup>, esto representa un incremento del 535.30% respecto a la muestra patrón o sin estabilizar

En la investigación realizada por Parra (2020), menciona que al incorporar ceniza de madera a los suelos no tuvo efectos favorables en el ensayo a compresión como con la cal hidratada, los efectos más favorables se dieron con 2%-4% de cal y con porcentajes inferiores al 20% de ceniza de madera, con esto se obtuvo un incremento en la resistencia a compresión simple no confinada del del 8% respecto a la muestra de suelo patrón. Finalmente concluyo que la dosis adecuada de cal hidrata y ceniza de madera a utilizar es 4%. De esta manera se comparte lo dicho por Parra, ya que al incorporar cal hidratada en 2% y ceniza de madera en 17% se obtiene un valor máximo en la resistencia a compresión no confinada.

En la presente investigación, respecto a los resultados obtenidos de la CC-1 (A-6-(6)) de muestras alteradas con incorporación de 2% de cal hidratada y 17% de ceniza de madera se obtiene un mayor valor en el CBR al 95% de 10.6% y un CBR al 100% de 18.96%, esto representa un incremento de 444% respecto a la muestra patrón sin estabilizar, para la muestra de la CC-4 (A-7-(19)) el CBR al 95% es de 11.80% y el CBR al 100% es de 18, esto representa un incremento del 315% respecto a la muestra patrón sin estabilizar. Los valores obtenidos del CBR al 100% cumplen con el valor mínimo según el MTC CBR>6%.

En la investigación realizada por Ahmed et al (2019), mencionan que al incorporar cal hidratada en 3% como un estabilizante de suelos arcillosos de la subrasante el valor del CBR se incrementa en 171%. De esta manera se comparte lo dicho por Ahmed ya que al incorporar 2% de cal hidratada y 17% de ceniza de madera se incrementa el CBR en 444% y 315% respecto a la muestra patrón inalterada.

## VI. CONCLUSIONES

En la presente tesis y en conformidad con los resultados que se obtuvieron en los diferentes ensayos de laboratorio que se realizaron, se afirma que puede mejorarse física y mecánicamente la estabilidad de la subrasante de un suelo limo-arcilloso con la incorporación de 2% cal hidratada más 17% de ceniza de madera respecto al peso seco del suelo.

Se determinó la caracterización de la subrasante, para la muestra de la CC-1 que evidencia un requerimiento granulométrico que cumpla con la distribución de granos, dado a ello se tiene gravas en un 17.9%, arenas en 25.18% y finos en un 56.92%. De la misma forma se observa que el suelo tiene un límite líquido de 35.79%, un límite plástico de 21.47% y un índice de plasticidad de 14.31%, clasificándolo en función a su IP como suelo arcilloso. Finalmente se observa la clasificación según S.U.C.S arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL), y según AAASHTO se clasifica como suelo pobre (A-6-(6)), para la muestra de la CC-4 que evidencia un requerimiento granulométrico que cumpla con la distribución de granos, dado a ello se tiene gravas en un 0.48%, arenas en 17.18% y finos en un 82.34%. De la misma forma se observa que el suelo tiene un límite líquido de 41.18%, un límite plástico de 25.22% y un índice de plasticidad de 15.96%, clasificándolo en función a su IP como suelo arcilloso. Finalmente se observa la clasificación según S.U.C.S arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL), y según AAASHTO se clasifica como suelo pobre (A-7-(19)).

Se determinó la influencia de la incorporación de cal hidratada y ceniza de madera en la MDS y OCH de la subrasante arcillosa para la muestra de la CC-1 (A-6-(6)), se evidenció el incremento máximo de la MDS y el OCH para una incorporación de 2% cal hidratada y 17% de ceniza de madera ambos (respecto al peso del suelo), presentando así una MDS de 1.942 tn/m<sup>3</sup> que representa un 112% más que la muestra patrón y un OCH de 13.49% que representa un 123% más que la muestra patrón sin estabilizar. De la misma forma para la muestra de la CC-4 (A-7-(19)), se evidenció el incremento máximo de la MDS y el OCH para una incorporación de 2% cal hidratada y 17% de ceniza de madera ambos (respecto al peso del suelo), presentando así una MDS de 1.962 tn/m<sup>3</sup> que representa un 113% respecto a la

muestra patrón y un OCH de 13.32% que representa un 115% respecto a la muestra patrón sin estabilizar.

Se determino la influencia de la incorporación de la cal hidratada y ceniza de madera en la resistencia a compresión no confinada de la subrasante arcillosa para la muestra de la CC-1 (A-6-(6)), donde se evidencio un máximo incremento con las incorporaciones de 2% de cal hidratada y 17% de ceniza de madera, ambos con respecto al peso del suelo, presentando así un valor de 14.7 kg/cm<sup>2</sup> que representa 613% más que la muestra patrón. De la misma forma para la muestra de la CC-4 (A-7-(19)), donde se evidencio un máximo incremento con las incorporaciones de 2% de cal hidratada y 17% de ceniza de madera, ambos con respecto al peso del suelo, presentando así un valor de 18.2 kg/cm<sup>2</sup> que representa 535% más que la muestra patrón.

Se determino la influencia de la incorporación de la cal hidrata y ceniza de madera en la capacidad de soporte de la subrasante para la muestra de la CC-1 (A-6-(6)), donde se evidencio un máximo incremento con las incorporaciones de 2% cal hidratada y 17% de ceniza de madera (con respecto al peso del suelo), presentando un valor de CBR al 95% de 10.6% y un CBR al 100% de 18.96% que representa 444% más que la muestra patrón. De la misma forma para la muestra de la CC-4 (A-7-(19)), donde se evidencio un máximo incremento con las incorporaciones de 2% cal hidratada y 17% de ceniza de madera (con respecto al peso del suelo), presentando un valor de CBR al 95% de 11.8% y un CBR al 100% de 18.90% que representa 315% más que la muestra patrón.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar ceniza de madera como aditivo natural en la estabilización de subrasantes debido a que este material abunda en los hornos de ladrilleras y su extracción no requiere de un conocimiento técnico previo, además de ello mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Se recomienda incorporar 2% de cal hidratada y ceniza de madera en dosis inferiores al 20% como estabilizante de subrasante, debido a que se observó que aporta mejoras en las propiedades físicas y mecánicas de suelo arcilloso.

Se recomienda no utilizar dosis superiores al 22% de ceniza de madera ya que al incorporarlo a la mezcla patrón de suelo, esta se vuelve más dúctil por lo que influye de forma negativa en el incremento de la resistencia a compresión no confinada.

Se recomienda a empresas de construcción, gobiernos regionales y municipalidades utilizar los ensayos de mecánica de suelos donde se evidencia que se mejora el suelo con 2% de cal hidratada y 17% de ceniza de madera, para así estabilizar la subrasante de vías en construcción ya que con esta aplicación se darán mejores resultados técnicos y económicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRÍN, Habiba. Una revisión sobre diferentes tipos de técnicas de estabilización de suelos. *Revista internacional de ingeniería y tecnología del transporte*, 2017, vol. 3, nº 2, pág. 19-24.
- ALANYA PALOMINO, Cesar Eduardo. Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera, originadas por ladrilleras artesanales, en la red vial vecinal Antarumi–Macachacra, Ayacucho. 2020.
- AMÍN Esmaeil Ramaji. 2012 A Review on the Soil Stabilization Using Low-Cost Methods. *ournal of Applied Sciences Research*, 8(4): 2193-2196, 2012 ISSN 1819-544X This is a refereed journal and all articles are professionally screened and reviewed
- BUDHU, M. (2010). *Soil Mechanics and Foundations*. United States of America: 3rd ed
- CARRASCO DÍAZ, Sergio. *Metodología de la Investigación Científica*. 1ra ed. San Marcos de Perú, 2006. 474 pp.
- CASTRO GONZALES, Milagros Alessandra; NAVARRO PEREYRA, Jesus David. Análisis de mejora de suelos arcillosos de alta plasticidad a nivel de subrasante mediante adición de cemento Portland para disminuir el cambio volumétrico. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Lima: Universidad peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
- CRESCO, G. Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 2008, vol. 42, no 4, p. 329-335.
- DAS, B. M. (1998). *Principles of geotechnical engineering*. Cengage learning.
- DAS, Braja M.; ZABAY, Emilio Sordo. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. Thomson, 2006.
- DEL PINO, Juan M. Junco. Estabilización de Suelos mediante el empleo de Sales Cuaternarias. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 2010, vol. 4, no 3.

- FIROOZI, A. A., GUNEY OLGUN, C., FIROOZI, A. A., & BAGHINI, M. S. (2017). Fundamentals of soil stabilization. *International Journal of Geo-Engineering*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40703-017-0064-9>
- Font Quer P. Diccionario de Botánica. 9º reimpresión. Barcelona (España): Labor. 1985.
- GALLIPOLI, Domenico, BRUNO, Agostino W., BUI, Quoc-Bao, FABBRI, Antonin, FARIA, Paulina, OLIVEIRA, Daniel v., OUELLET-PLAMONDON, Claudiane and SILVA, Rui A., 2022. Durability of Earth Materials: Weathering Agents, Testing Procedures and Stabilisation Methods. In: pp. 211–241.
- GARCÍA, Adolfo Ávalos; CARRIL, Elena Pérez-Urria. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (biología)*, 2011, vol. 2, no 3.
- GERARDO Parra, Manuel. Estabilización de un Suelo con Cal y Ceniza Volante. Tesis (título de ingeniero civil). Bogotá D.C: Universidad Católica de Colombia, 2018. 77 pp.
- GUIA YUCRA, Mario Junior. Mejoramiento de subrasante mediante la adición de Ceniza de Quinoa en la carretera PE-38B, Provincia Chucuito, Puno, 2021. 2021.
- HALL, M. R., NAJIM, K. B., & DEHDEZI, P. K. (2012). Soil stabilisation and earth construction: materials, properties and techniques. In *Modern earth buildings* (pp. 222-255). Woodhead Publishing.
- HERNANDEZ SAMPIERI, R.; FERNANDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, P. *Metodología de la investigación*. 6ta ed. México, 2014. 634 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0
- HERRERAS, Esperanza Bausela. SPSS: Un instrumento de análisis de datos cuantitativos. *Revista de informática educativa y medios audiovisuales*, 2005, vol. 2, no 4, p. 62-69.
- JUAN DE DIOS SALAZAR, Junior Fernando. Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral-San Juan de Lurigancho, 2018. 2018.

- KARAMI, Hadi, et al. Use of secondary additives in fly ash based soil stabilization for soft subgrades. *Transportation Geotechnics*, 2021, vol. 29, p. 100585.
- KULSHRESHTHA, Yask, VARDON, Philip J., DU, Yi, HABERT, Guillaume, VISSAC, Aurélie, MOREL, Jean-Claude, RAO, Sudhakar M., VAN PAASSEN, Leon, VAN LOOSDRECHT, Mark C.M., MOTA, Nelson J.A. and JONKERS, Henk M., 2022. Biological Stabilisers in Earthen Construction: A Mechanistic Understanding of their Response to Water-Ingress. In: . 6 January 2022. pp. 529–539. DOI 10.4028/www.scientific.net/CTA.1.529.
- LAGUNA PEÑALOZA, Oscar Ivan; CHACÓN CHARCAS, Jose Miguel. *Análisis comparativo del comportamiento a la resistencia de un suelo fino con adición de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de café*. 2020. Tesis Doctoral.
- LEAL, Daniela., ORIANA, Batista., GUANIPA, Francys., Génesis, Guanipa., Iralu, Sibida (2012). *Estabilización De Suelos*, Universidad Nacional Experimental “Francisco De Miranda”.
- LÓPEZ MONROY, Y. S., & RIVERA BARBOSA, E. A. (2019). *Evaluación de la resistencia al corte no drenado de un suelo fino mejorado con ceniza de cascarilla de arroz* (Bachelor's thesis, Universidad de Ibagué).
- LOZANO-GÓMEZ, Juan Pablo, et al. *Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos*. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2019. <https://hdl.handle.net/10983/24277>
- MONTEJO, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- MTC. (2014). *Manual De Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos Sección Suelos Y Pavimentos*.
- PARRA-GÓMEZ, Manuel Gerardo, et al. *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante*. 2018.

- RABAT, Álvaro. Aplicabilidad del penetrómetro cónico en la determinación del límite líquido en suelos de baja y media plasticidad. 2016.
- RAMAJI, Amin Esmail. A review on the soil stabilization using low-cost methods. *Journal of Applied Sciences Research*, 2012, vol. 8, no 4, p. 2193-2196.
- RAMOS, J. D., & Gómez, V. J. P. L. (2019). Estabilización De Suelo Mediante Aditivos Alternativos. Universidad Católica de Colombia.
- SANCHEZ, Giovani, 2021. Incorporación del mucilago de tuna para mejorar las propiedades de la subrasante estabilizada en la calle Nieto Miranda, Quillabamba –Cusco, 2021. Online. Lima: Universidad Cesar Vallejo. [Accessed 17 April 2022]. Retrieved from: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/74205>
- SERIGOS, P.; SFRISO, Alejo O.; BALZAMO, Humberto. Rigidez a baja deformación de mezclas de suelo de la formación Pampeano y cemento Portland. Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires, 2009.
- Siddique, R. (2012). Utilization of wood ash in concrete manufacturing. *Resources, Conservation and Recycling*, 27-33.
- Tantaquilla Otiniano, E. W., & Valdivia Julca, F. A. (2020). Comparación entre las influencias de cal hidratada y aditivo quim kd-40 para estabilización de suelos arcillosos como capa subrasante en pavimentos flexibles, Huamachuco-Cajabamba 2019.
- TERRONES CRUZ, Andrea Thatiana. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo–2018. 2019.
- TURCO, Chiara, et al. Optimisation of Compressed Earth Blocks (CEBs) using natural origin materials: A systematic literature review. *Construction and Building Materials*, 2021, vol. 309, p. 125140.

VELARDE, Oscar, 2021. Mejoramiento de la resistencia del adobe estabilizado con mucílago de cactus para efectos de lluvias, Lambayeque, 2021. Huacho: UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN.

WINTERKORN, H. F. (1955). The science of soil stabilization. Highway Research Board Bulletin, (108).

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de Operacionalización de Variables

**TÍTULO:** “Aplicación de la cal viva Hidratada con ceniza de madera para la estabilidad de la subrasante en la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022.”

**AUTOR:** Bach. Joel Ulises Bautista Gómez

VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Cal hidratada con ceniza de madera	<p>La cal hidráulica es parcialmente hidratada, contiene compuestos de conglomerante hidráulico y son usadas exclusivamente en construcción. Cada tipo específico de cal tiene cierta reactividad y tipo de cal usada es gobernada por los requerimientos de la aplicación en un proceso específico. (Coloma, 2015, p.73)</p> <p>La ceniza de fondo es el residuo de la quema de árboles de eucalipto utilizados por los ladrilleros en la producción de ladrillos. En varios países del mundo, hay aplicaciones de cenizas de industrias diferentes. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la ceniza de madera de fondo en la estabilización de la arcilla. (Calero,2020)</p>	Es la cantidad de cal hidratada y ceniza de madera que mezclado con el suelo como aditivo natural busca el mejoramiento del mismo.	Dosificación	0% cal viva hidratada+0% ceniza de madera	Razón
				2% cal viva hidratada+12% ceniza de madera	
				2% cal viva hidratada+17% ceniza de madera	
				2% cal viva hidratada+22% ceniza de madera	
Estabilidad de la subrasante	Es el objetivo de la estabilización de suelos, para la construcción de caminos, que al aplicar esta técnica debe de cumplir con los objetivos de mejorar las propiedades físicas del suelo y ello debe demostrar en el desempeño de su funcionamiento, esto debe ser demostrado en laboratorio y terreno. (Gonzales, 2016, p. 2)	Se planteará combinaciones de porcentajes de ceniza de madera manteniendo constante la cal viva hidratada en suelos de subrasantes arcillosas con características deficientes con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y así consiguiendo la estabilidad de la subrasante.	OCH y Máxima densidad	Proctor modificado (% y Kg/m <sup>3</sup> )	Razón
			Resistencia a compresión	Resistencia a la compresión no confinada (kg/cm <sup>2</sup> )	
			Capacidad de soporte	CBR (%)	

## Anexo 2. Matriz de consistencia

**TÍTULO:** “Aplicación de la cal viva Hidratada con ceniza de madera para la estabilidad de la subrasante en la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022.”

**AUTOR:** Bach. Joel Ulises Bautista Gómez

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b> ¿De qué forma influye la aplicación de cal hidratada con ceniza de madera en la estabilidad de la subrasante en la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho 2022?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar la influencia de la aplicación de cal hidratada con ceniza de madera en la estabilidad de la subrasante de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho 2022.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> La aplicación de cal hidratada con ceniza de madera mejora significativamente las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Larampuquio–Accocapillapata, Ayacucho 2022</p>	<p><b>INDEPENDIENTE:</b> Cal Hídratada con ceniza de madera</p>	<p>Dosificación</p>	<p>0% cal viva hidratada+0% ceniza de madera</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada. <b>Nivel de Investigación:</b> Exploratorio - Explicativo. <b>Diseño de Investigación:</b> Experimental: Cuasi – Experimental. <b>Enfoque:</b> Cuantitativo. <b>Población:</b> La subrasante de la carretera Larampuquio – Accocapillapata , Ayacucho, 2022. <b>Muestra:</b> Se realizarán 4 calicatas de 1.5m de profundidad en los kilómetros 08+000, 08+500, 09+000, 09+500 <b>Muestreo:</b> No Probabilístico <b>Técnica:</b> Observación directa. <b>Instrumento de recolección de datos:</b> - Fichas de recolección de datos - Equipos y herramientas de laboratorio</p>
					<p>2% cal viva hidratada+12% ceniza de madera</p>	
					<p>2% cal viva hidratada+17% ceniza de madera</p>	
					<p>2% cal viva hidratada+22% ceniza de madera</p>	
<p><b>Problemas Específicos:</b> <b>PE1:</b> ¿Cuál será la clasificación del suelo de la subrasante de tipo arcilloso en estado natural de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022? <b>PE2:</b> ¿Cómo influye la cal hidratada y ceniza de madera en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022? <b>PE3:</b> ¿Cómo influye la cal hidratada y ceniza de madera en la resistencia a compresión de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022? <b>PE4:</b> ¿Cómo influye la cal hidratada y ceniza de madera en la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022?</p>	<p><b>Objetivo Específicos:</b> <b>OE1:</b> Determinar las características del suelo de la subrasante de tipo arcilloso en estado natural de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022 <b>OE2:</b> Determinar la influencia de la cal hidratada y ceniza de madera en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022 <b>OE3:</b> Determinar la influencia de la cal hidratada y ceniza de madera en la resistencia a la compresión de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022 <b>OE4:</b> Determinar la influencia de la cal hidratada y ceniza de madera en la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcilloso de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022</p>	<p><b>Hipótesis Específicos:</b> <b>HE1:</b> La subrasante de tipo arcilloso en estado natural presenta propiedades físicas por debajo de los requerimientos de la normatividad vigente <b>HE2:</b> La adición cal hidratada y ceniza de madera aumenta el óptimo contenido de humedad y disminuye la máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcillo de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022. <b>HE3:</b> La adición de cal hidratada y ceniza de madera mejora significativamente la resistencia a compresión de la subrasante de tipo arcillo de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022 <b>HE4:</b> La adición de cal hidratada y ceniza de madera mejora significativamente la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcillo de la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022.</p>	<p><b>DEPENDIENTE:</b> Estabilidad de la subrasante</p>	<p>OCH y Máxima densidad seca</p>	<p>Proctor modificado (% y Kg/m<sup>3</sup>)</p>	
				<p>Resistencia a compresión</p>	<p>Resistencia a compresión no confinada (kg/cm<sup>2</sup>)</p>	
				<p>Capacidad de soporte</p>	<p>CBR (%)</p>	

### Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos

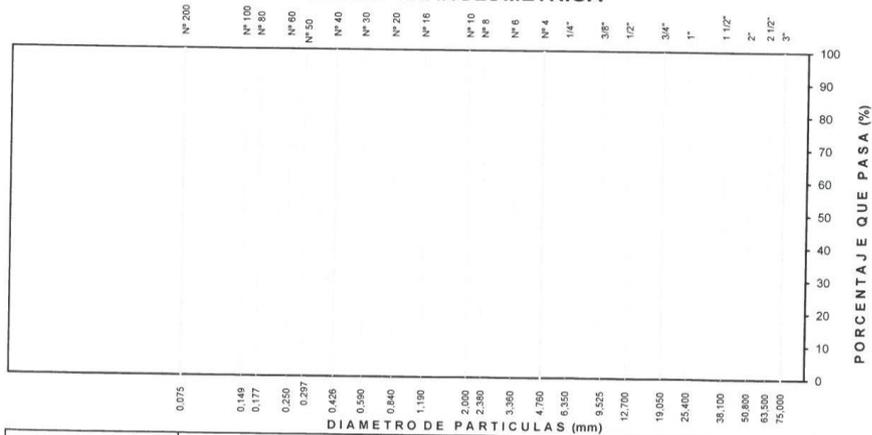
 <b>CASAGRANDE</b> <small>INGENIERÍA Y CONCRETO</small>	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)</b>	
---	---	--

Proyecto : --  
 Trazabilidad : --  
 Solicitante : --  
 Exploración : --  
 Estrato/Nivel : --

Región/Provinc. : --  
 Distrito : --  
 Lugar : --  
 Fecha : --

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						ENSAYOS ESTÁNDAR					
						Peso seco inicial (gr)					
						Peso seco lavado (gr)					
						Pérdida por lavado (gr)					
						Humedad (%)					
						% Grava					
						% Grava gruesa					
						% Grava fina					
						% Arena					
						% Arena gruesa					
						% Arena media					
						% Arena fina					
						% de Finos					
						D <sub>10</sub> = D <sub>40(mm)</sub> =					
						D <sub>30(mm)</sub> =					
						D <sub>60(mm)</sub> =					
						Cu =					
						Cc =					
						CLASIFICACIÓN					
						AASHTO					
Clasificación SUCS											
Lavado											
TOTAL											

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

  
 Ing. Mauricio Mormontoy Gonzales  
 CIP. 57399

  
 Pablo Esteban Valer Pacheco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 270174

 Yaneth Velarde Carmona  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP. N° 180205



CASAGRANDE  
GEOTECNIA Y CONCRETO

**LIMITES DE PLASTICIDAD  
DE LOS SUELOS (PASANTE  
LA MALLA N° 40)**

Proyecto :--

Trazabilidad :--

Solicitante :--

Exploración :--

Estrato / Nivel :--

Región/Provinc :--

Distrito :--

Lugar :--

Fecha :--

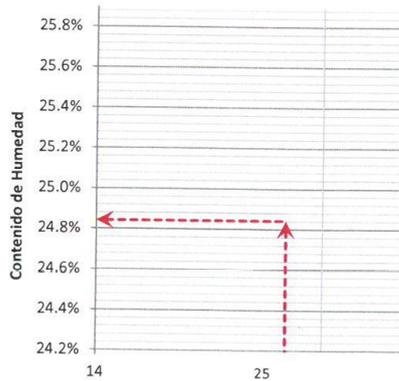
**DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)**

	RECIPIENTE	Nº				
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr				
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr				
3	PESO RECIPIENTE	gr				
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr				
5	PESO SECO (2)-(4)	gr				
6	HUMEDAD	%				
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>		<b>%</b>				

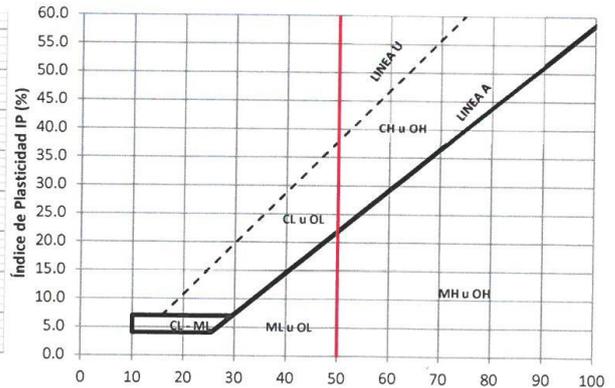
**DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)**

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr				
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr				
3	PESO RECIPIENTE	gr				
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr				
5	PESO SECO (2)-(4)	gr				
6	HUMEDAD	%				
7	NUMERO DE GOLPES	Nº				
<b>LIMITE LIQUIDO</b>		<b>%</b>				

**ÍNDICE PLÁSTICO (%)  $IP=LL-LP=$**



**CURVA DE FLUIDEZ**



**CARTA DE PLASTICIDAD**

*[Signature]*  
Ing. Maicío Mormontoy Gonzáles  
CIP 57399

*[Signature]*  
Pablo Esteban Valer Pacheco  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 270174

*[Signature]*  
Yaneth Velarde Carhuas  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 180205





**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)**

Proyecto :--

Trazabilidad :--

Solicitante :--

Exploración :--

Estrato/Nivel :--

Región/Provinc. :--

Distrito :--

Lugar :--

Fecha :--

**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS :	<b>METODO A</b>		
Clasificación AASHTO :	Capas :	Golpes/Capa	
% Retenido acumulado malla N° 4 :	Material Pasante a usar	PASA N° 4	"
% Retenido acumulado malla 3/8" :	Molde (Pulg)	4	Código M2
% Retenido acumulado malla 3/4" :	Peso Molde (gr) :	Volumen :	

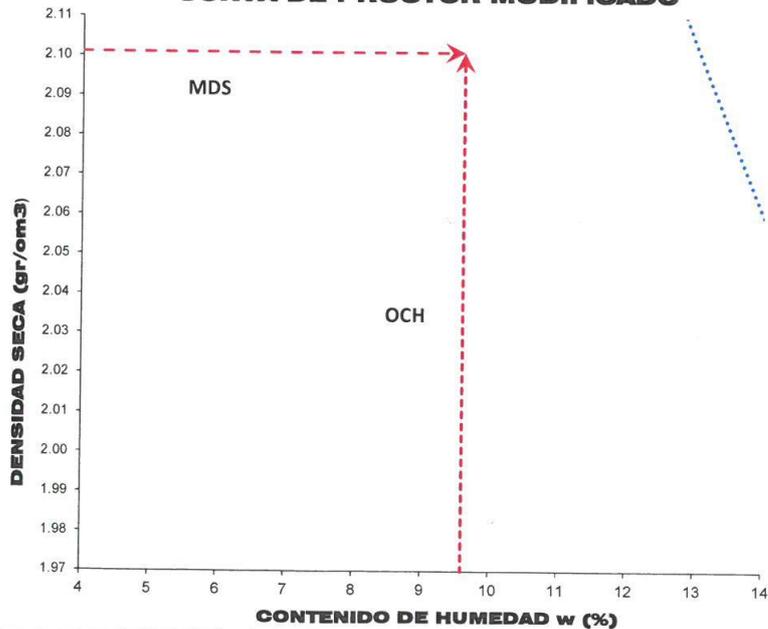
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr				
Peso de la muestra compactada	gr				
Densidad húmeda	gr/cc				
<b>Densidad seca</b>	<b>gr/cc</b>				

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Tarro N°				
Peso tarro + suelo húmedo	gr			
Peso de tarro + suelo seco	gr			
Peso del tarro	gr			
Peso del agua	gr			
Peso del suelo seco	gr			
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>			

**CURVA DE PROCTOR MODIFICADO**



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%)
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m3)

*[Signature]*  
Francisco Velarde Carreras  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 180205

*[Signature]*  
Pablo Esteban Váley Pacheco  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 270174

*[Signature]*  
Ing. Mauricio Mormontoy González  
CIP. 57399

**CURVA DE PROCTOR MODIFICADO**





**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE  
PROBETAS DE SUELO METODO B (MTC  
E 1103, MTC E 1101)**

Proyecto : --

Trazabilidad : --

Solicitante : --

Exploración : --

Estrato/Nivel : --

Región/Prov : --

Distrito : --

Lugar : --

Fecha : --

**DATOS DE LA MUESTRA**

Clasificación SUCS :

Clasificación AASHTO :

MDS = gr/cm3 OCH = %

% Retenido acumulado malla N° 4 :

% Pasa acumulado malla N° 4 :

**DATOS DEL MOLDEO**

DOSIS							
% DE HUMEDAD	%						
DENSIDAD SECA	gr/cm3						

**ENSAYO DE COMPRESION**

EDAD	días						
DIAMETRO PROMEDIO	mm						
ALTURA	mm						
RELACION H/D							
FACTOR DE CORRECCION							
LECTURA DE ENSAYO	kN						
RESISTENCIA FC	kg/cm2						
RESISTENCIA PROM	kg/cm2						

Ing. Mauricio Mormontoy Gonzales  
CIP 57399

Pablo Esteban Valer Pacheco  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 270174

Yaneth Velarde Carhuas  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 180205



CASAGRANDE  
GEOTECNIA Y CONCRETO

**CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

Proyecto :--

Trazabilidad :--

Solicitante :--

Exploración :--

Estrato/Nivel :--

Región/Provi :--

Distrito :--

Lugar :--

Fecha :--

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE Nº										
CAPAS Nº	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	5G			2G			12			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO			
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr									
PESO DEL MOLDE	gr									
PESO SUELO HÚM.	gr									
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3									
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3									
DENSIDAD SECA	gr/cm3									
Contenido de Humedad		Humedad: inicial	final	Humedad: inicial	final	Humedad: inicial	final	Humedad: inicial	final	
TARRO Nº	Nro.									
TARRO+SUELO HÚM.	gr									
TARRO+SUELO SECO	gr									
PESO DEL TARRO	gr									
% DE HUMEDAD	%									
HUMEDAD	%									
ABSORCIÓN	%									
EXPANSIÓN										
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		
		mm	%		mm	%		mm	%	
0	0.00	127.00		0.00	127.00		0.00	127.00		
4	0.00	127.00		0.00	127.00		0.00	127.00		
PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN (mm) (plg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000									
0.630	0.025									
1.270	0.050									
1.900	0.075									
2.540	0.100	6.9								
3.170	0.125									
3.810	0.150									
4.445	0.175									
5.080	0.200	10.35								
7.620	0.300									

Ing. Mauricio Mormontoy Gonzáles  
CIP 57399

Pablo Esteban Valer Pacheco  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 270174

Yaneth Velarde Carhuas  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 180205



**CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

Proyecto :--

Trazabilidad :--

Solicitante :--

Exploración :--

Estrato/Nivel :--

Región/Provinc. :--

Distrito :--

Lugar :--

Fecha :--

**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS :

AASHTO :

Máxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :

Optimo Contenido de Humedad OCH % =

% Grava =

% Arena =

% Finos =

LL % =

LP % =

Expansión % =

Embebido (días) =

IP % =

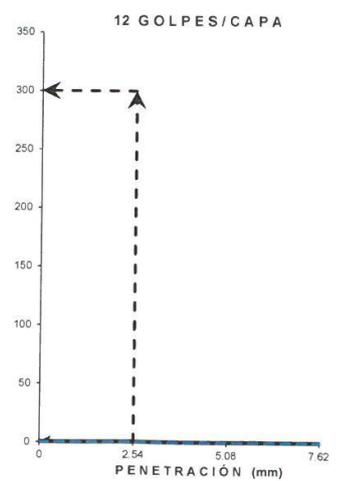
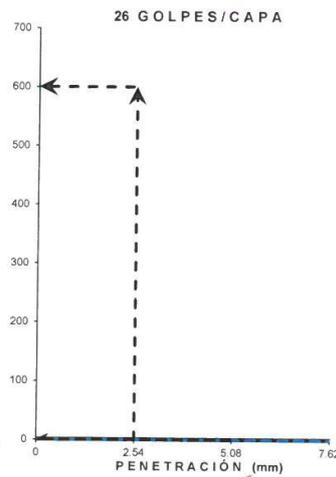
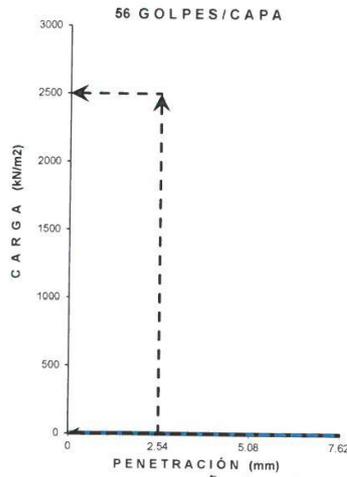
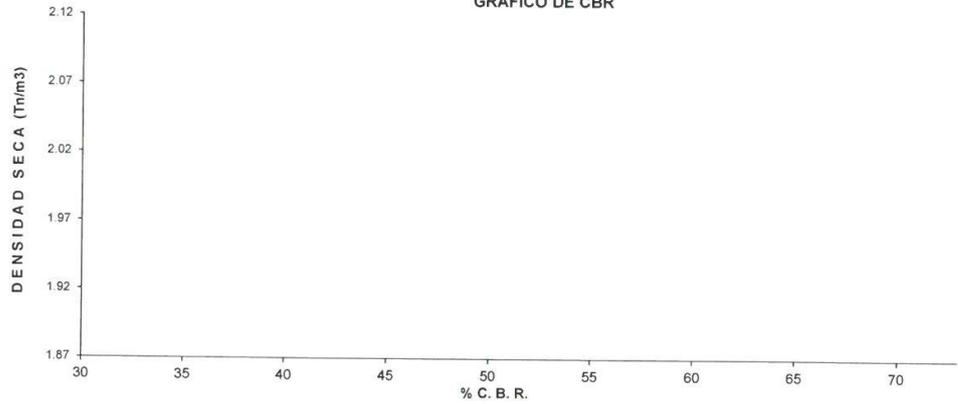
**RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)**

CBR AL 100% DE MDS (0.1") =

CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") =

CBR AL 90% MDS = --

GRÁFICO DE CBR



*[Signature]*  
Ing. Mauricio Montenegro  
CIP. 57399

*[Signature]*  
Pablo Esteban Valer Pacheco  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 270174

*[Signature]*  
Janeth Velarde Carhuas  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 180205

## Anexo 4. Certificado de validación del instrumento de recolección de datos

### INFORME DE OPINION SOBRE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

#### DATOS GENERALES:

Apellidos y nombres del experto : Velardo Carhuas, Yaneth  
 Institución donde se labora : MTC.  
 Especialidad : Ing Civil.  
 Instrumento de evaluación : Análisis granulométrico, contenido de humedad, gravedad específica, peso unitario, límites de consistencia, resistencia a la compresión simple no confinada, Proctor Modificado y Ensayo CBR.

MUY DEFICIENTE (1)      DEFICIENTE(2)      APECTABLE(3)      BUENA (4)      EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
Claridad	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
Objetividad	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>Mejoramiento de subrasante</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
Actualidad	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento acorde al conocimiento científico tecnológico innovación y legal inherente a la variable: <b>Mucilago de Nopal</b>					X
Organización	Los ítems del instrumento reflejan originalidad y conceptual respecto a la variable <b>Mejoramiento de subrasante</b> de la manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
Suficiente	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
Intencionalidad	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivo, hipótesis y variable de estudio.				X	
Consistencia	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
Coherencia	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>Mejoramiento de subrasante</b>					X
Metodología	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
Pertinencia	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

#### OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VALIDADO Y PUEDE SER APLICADO



PROMEDIO DE VALORACIÓN:

4.0

Ayacucho, 04 de junio 2022

**INFORME DE OPINION SOBRE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**DATOS GENERALES:**

Apellidos y nombres del experto : *Mormon Jay Gonzales Mauricio*  
 Institución donde se labora : *Provias Ayacuchó*  
 Especialidad : *Ing. Civil.*  
 Instrumento de evaluación : *Análisis granulométrico, contenido de humedad, gravedad específica, peso unitario, límites de consistencia, resistencia a la compresión simple no confinada, Proctor Modificado y Ensayo CBR.*

**MUY DEFICIENTE (1)      DEFICIENTE(2)      APECTABLE(3)      BUENA (4)      EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
Claridad	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
Objetividad	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>Mejoramiento de subrasante</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
Actualidad	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento acorde al conocimiento científico tecnológico innovación y legal inherente a la variable: <b>Mucilago de Nopal</b>					X
Organización	Los ítems del instrumento reflejan originalidad y conceptual respecto a la variable <b>Mejoramiento de subrasante</b> de la manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
Suficiente	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
Intencionalidad	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivo, hipótesis y variable de estudio.					X
Consistencia	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
Coherencia	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>Mejoramiento de subrasante</b>					X
Metodología	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
Pertinencia	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						X

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

EL INSTRUMENTO ES VALIDADO Y PUEDE SER APLICADO

  
 Ing. Mauricio Mormontor González  
 CIP 57399

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

4.9

Ayacucho, 04 de junio 2022

**INFORME DE OPINION SOBRE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**DATOS GENERALES:**

Apellidos y nombres del experto : *Valer Pacheco, Pablo Esteban*  
 Institución donde se labora : *A 8 V Construcción e Ingeniería SAC*  
 Especialidad : *Geotecnia*  
 Instrumento de evaluación : *Análisis granulométrico, contenido de humedad, gravedad específica, peso unitario, límites de consistencia, resistencia a la compresión simple no confinada, Proctor Modificado y Ensayo CBR.*

**MUY DEFICIENTE (1)      DEFICIENTE(2)      APECTABLE(3)      BUENA (4)      EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
<b>Claridad</b>	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
<b>Objetividad</b>	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <i>Mejoramiento de subrasante</i> s en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
<b>Actualidad</b>	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento acorde al conocimiento científico tecnológico innovación y legal inherente a la variable: <i>Mucílago de Nopal</i>					X
<b>Organización</b>	Los ítems del instrumento reflejan originalidad y conceptual respecto a la variable <i>Mejoramiento de subrasante</i> de la manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					✓
<b>Suficiente</b>	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
<b>Intencionalidad</b>	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivo, hipótesis y variable de estudio.				X	X
<b>Consistencia</b>	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
<b>Coherencia</b>	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <i>Mejoramiento de subrasante</i>					X
<b>Metodología</b>	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
<b>Pertinencia</b>	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

EL INSTRUMENTO ES VALIDADO Y PUEDE SER APLICADO

  
 Pablo Esteban Valer Pacheco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 270174

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 30

Ayacucho, 04 de junio 2022

## Anexo 7. Resultados de ensayos de laboratorio

JJM GEOINGENIERIA  
EIRL



Solicitado · BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ  
Obra · USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022  
Ubicación · LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA  
Fecha · 15 de Mayo de 2022

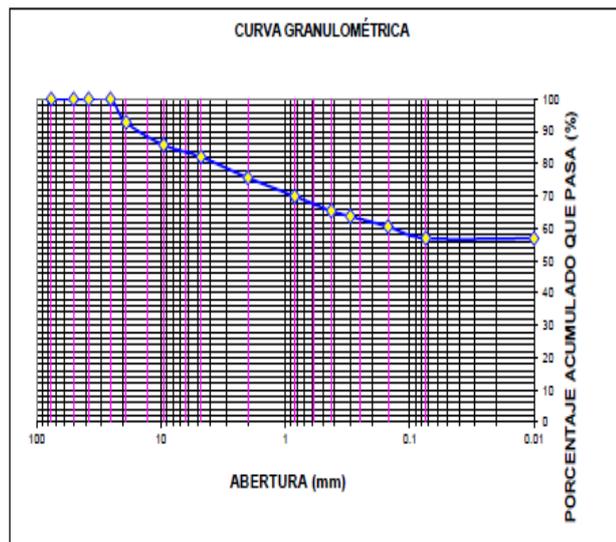
### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Pozo	C-C1 M2	
Ubicación	LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA	
Prof. (m)	1.50 m	
PESO INICIAL SECO	690.20	g
PESO LAVADO Y SECO	280.70	g

Tamiz	Abertura (mm)	Material g	Retenido %	RET	(%) acumulado que pasa que pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	46.90	7.21	7.21	92.79
3/8"	9.525	45.30	6.97	14.18	85.82
Nº4	4.760	24.20	3.72	17.90	82.10
Nº10	2.000	41.70	6.41	24.32	75.68
Nº20	0.840	37.30	5.74	30.05	69.95
Nº40	0.426	29.80	4.58	34.64	65.36
Nº50	0.300	10.60	1.63	36.27	63.73
Nº100	0.149	20.70	3.18	39.45	60.55
Nº200	0.074	23.60	3.63	43.08	56.92
FONDO	0.010	0.60	0.09	43.17	56.83
LAVADO	0.010	369.5	56.83	100.00	0.00

280.70 43.17

LIMITE LIQUIDO	·	35.79
LIMITE PLASTICO	·	21.47
INDICE PLASTICO	·	14.31
CLASIF. SUCS	·	CL
CLASIF. AASHTO	·	A-6(6)



SOLICITADO : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ

OBRA : USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA  
SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022

UBICACIÓN : LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA

FECHA : 15 de Mayo de 2022

### RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

#### I. ENSAYOS ESTÁNDAR

##### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

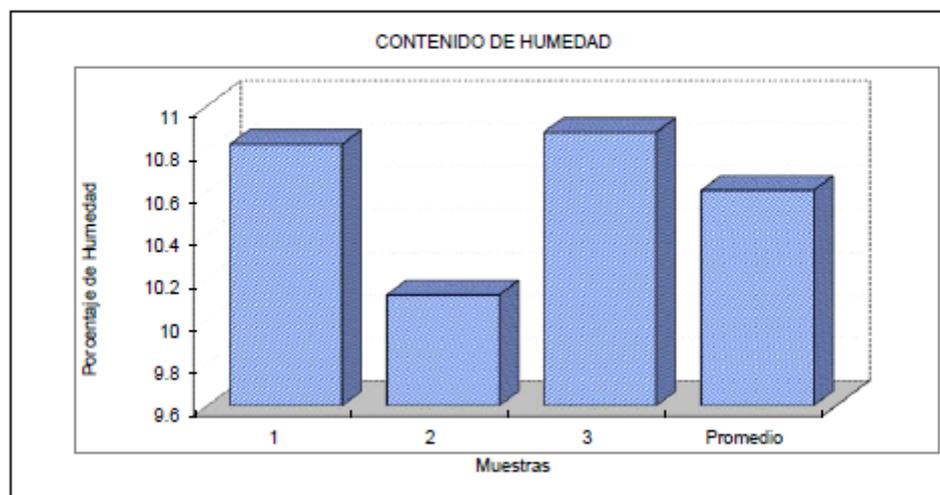
Malla	Abertura (mm)	(%) Acumulado que pasa
3"	76.200	100.00
2"	50.300	100.00
1 1/2"	38.100	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.050	92.79
3/8"	9.525	85.82
Nº4	4.760	82.10
Nº10	2.000	75.68
Nº20	0.840	69.95
Nº40	0.426	65.36
Nº50	0.300	63.73
Nº100	0.149	60.55
Nº200	0.074	56.92
Límite Líquido (%)		
ASTM D-4318		35.79
Límite Plástico (%)		
ASTM D-4318		21.47
Clasificación SUCS		CL
Clasificación AASHTO		A-6(6)

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216**

**Obra** : USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022  
**Localizac.** : LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA **Calicata** : C-C1 M2  
**Descripción:** SUBRASANTE **Profundid.:** 1.50 m  
**Solicita** : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ **Fecha** : 15-May-22

Capsula	1	2	3
Peso de Cápsula (g)	30.25	31.68	28.54
Peso de Cápsula+Suelo Húmedo (g)	136.36	139.11	130.08
Peso de Cápsula+Suelo Seco (g)	126.00	129.24	120.12
Peso del Suelo Húmedo (g)	106.11	107.43	101.54
Peso del Suelo Seco (g)	95.75	97.56	91.58
Porcentaje de Humedad (w)	10.82	10.12	10.88

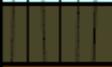
Humedad Promedio (%) =	10.60
------------------------	-------



REGISTRO DE EXCAVACION

Solicitante	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ
Proyecto	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AVACUCHO 2022
Ubicacion	LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA

Lado	FRENTE IZQUIERDO	Cota	3502.9 m.s.n.m	Localizacion	LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA
Calicata	C-C1 M2	Prof. Excav.	1.50 m	UTM	18L 575888.1/8539439.1
N.F (m)	NO	Operador	JEPV	Fecha	15/05/2022

Profundidad (m)	Excavación (m)	M	Perfil	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS
0.25	1.00	1		DE 0.00 A 0.25 SUELO COLOR MARRON OSCURO, CONFORMADO POR TURBA ORGANICA.	PT
0.50				DE 0.25 A 1.50 m. SUELO CONFORMADO POR ARENAS LIMOSAS A ARENAS ARCILLOSAS LIGERAMENTE HUMEDO DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD EN ESTADO SEMICOMPACTO A SEMI IMPERMEABLE, ENGLOBA A GRAVILLAS DE GRANO MEDIO. COLOR MARRON NO PRESENTA NIVEL FREATICO	CL
0.75	1.50	2		AASTHO A-6(6)	
1.00					
1.25					
1.50					
1.75					
2.00					
2.25					
2.50					
2.75					
3.00					
3.25					
3.50					
3.75					

Observaciones:	
Hasta la profundidad de excavación no hay presencia del nivel freático.	

Solicitado · BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ  
Obra · USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA  
SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022  
Ubicación · LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA  
Fecha · 15 de Mayo de 2022

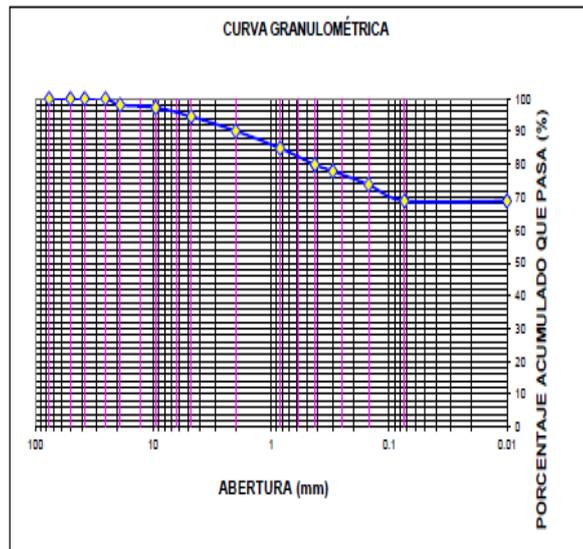
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
ASTM D-422

Pozo	C-C2 M2	
Ubicación	LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA	
Prof. (m)	1.50 m	
PESO INICIAL SECO	669.70	g
PESO LAVADO Y SECO	207.70	g

Tamiz	Abertura (mm)	Material g	Retenido %	(%) acumulado que pasa RET	que pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	12.60	1.89	1.89	98.11
3/8"	9.525	5.60	0.84	2.73	97.27
Nº4	4.760	18.00	2.70	5.44	94.56
Nº10	2.000	29.30	4.40	9.84	90.16
Nº20	0.840	35.00	5.26	15.10	84.90
Nº40	0.426	33.30	5.00	20.10	79.90
Nº50	0.300	13.10	1.97	22.07	77.93
Nº100	0.149	27.50	4.13	26.20	73.80
Nº200	0.074	32.80	4.93	31.13	68.87
FONDO	0.010	0.50	0.08	31.20	68.80
LAVADO	0.010	458	68.80	100.00	0.00

207.70 31.20

LIMITE LIQUIDO	·	43.30
LIMITE PLASTICO	·	21.86
INDICE PLASTICO	·	21.43
CLASIF. SUCS	·	CL
CLASIF. AASHTO	·	A-7(14)



SOLICITADO : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ

OBRA : USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA  
SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYAUCUCHO 2022

UBICACIÓN : LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA

FECHA : 13 de Mayo de 2022

### RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

#### I. ENSAYOS ESTÁNDAR

##### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

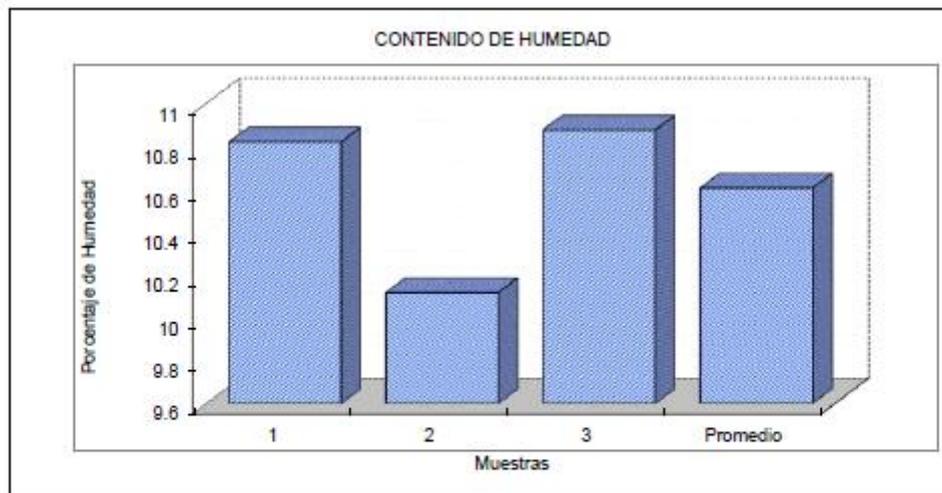
Malla	Abertura (mm)	(%) Acumulado que pasa
3"	76.200	100.00
2"	50.300	100.00
1 1/2"	38.100	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.050	98.11
3/8"	9.525	97.27
Nº4	4.760	94.56
Nº10	2.000	90.16
Nº20	0.840	84.90
Nº40	0.426	79.90
Nº50	0.300	77.93
Nº100	0.149	73.80
Nº200	0.074	68.87
Limite Líquido (%) ASTM D-4318		43.30
Limite Plástico (%) ASTM D-4318		21.86
Clasificación SUCS		CL
Clasificación AASHTO		A-7(14)

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216**

**Obra** : USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA  
SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022  
**Localizac.** : LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA **Calicata** : C-C2 M2  
**Descripción:** SUBRASANTE **Profundid.:** 1.50 m  
**Solicita** : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ **Fecha** : 15-May-22

Capsula	1	2	3
Peso de Cápsula (g)	30.25	31.68	28.54
Peso de Cápsula+Suelo Húmedo (g)	136.36	139.11	130.08
Peso de Cápsula+Suelo Seco (g)	126.00	129.24	120.12
Peso del Suelo Húmedo (g)	106.11	107.43	101.54
Peso del Suelo Seco (g)	95.75	97.56	91.58
Porcentaje de Humedad (w)	10.82	10.12	10.88

Humedad Promedio (%) =	10.60
------------------------	-------



REGISTRO DE EXCAVACION

Solicitante	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ
Proyecto	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022
Ubicacion	LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA

Lado	FONDO DERECHO	Cota	3478.9 m.s.n.m	Localizacion	LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA
Calicata	C-C2 M2	Prof. Excav.	1.50 m	UTM	18L 574982.778539510.0
N.F. (m)	NO	Operador	JEPV	Fecha	15/05/2022

Profundidad (m)	Excavación (m)	M	Perfil	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS
0.25	0.25	1		DE 0.00 A 0.25 SUELO MARRON OSCURO, CONFORMADO, TURBA ORGANICA, SERA ELIMINADO EN EL PROCESO	PT
0.50	1.50			DE 0.25 A 1.50 m. SUELO CONFORMADO POR ARENAS LIMOSAS A ARENAS ARCILLOSAS LIGERAMENTE HUMEDO DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD EN ESTADO SEMICOMPACTO A SEMI IMPERMEABLE, ENGLOBA A GRAVILLAS DE GRANO MEDIO. COLOR MARRON	CL
0.75				NO PRESENTA NIVEL FREATICO	
1.00					
1.25				AASTHO A-7(14)	
1.50					
1.75					
2.00					
2.25					
2.50					
2.75					
3.00					
3.25					
3.50					
3.75					

Observaciones	
Hasta la profundidad de excavación no hay presencia del nivel freático.	

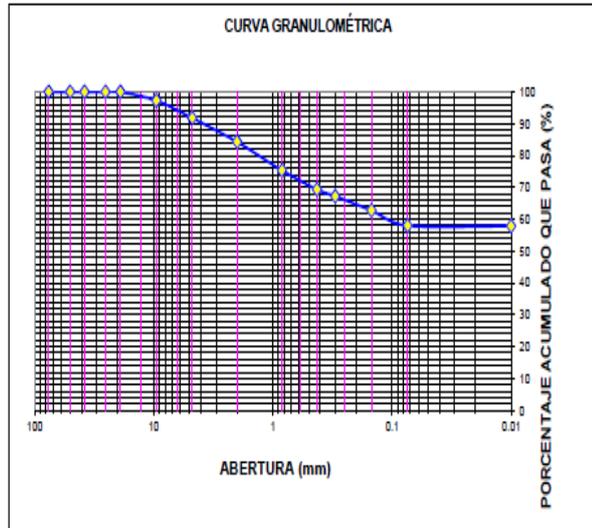
Solicitado · BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ  
Obra · USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA  
SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022  
Ubicación · LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA  
Fecha · 15 de Mayo de 2022

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
ASIM D-422

Pozo	C-C3 M2	
Ubicación	LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA	
Prof. (m)	1.50 m	
PESO INICIAL SECO	641.20	g
PESO LAVADO Y SECO	270.30	g

Tamiz	Abertura (mm)	Material g	Retenido %	(% acumulado que pasa	
				RET	que pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	17.60	2.74	2.74	97.26
Nº4	4.760	35.00	5.46	8.20	91.80
Nº10	2.000	48.10	7.50	15.70	84.30
Nº20	0.840	57.40	8.95	24.66	75.34
Nº40	0.426	38.40	5.99	30.65	69.35
Nº50	0.300	13.70	2.14	32.78	67.22
Nº100	0.149	28.60	4.46	37.24	62.76
Nº200	0.074	30.70	4.79	42.03	57.97
FONDO	0.010	0.80	0.12	42.16	57.84
LAVADO	0.010	370.9	57.84	100.00	0.00
		270.30	42.16		

LIMITE LIQUIDO	·	30.36
LIMITE PLASTICO	·	16.59
INDICE PLASTICO	·	13.76
CLASIF. SUCS	·	CL
CLASIF. AASHTO	·	A-6(6)



SOLICITADO : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ

OBRA : USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA  
SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022

UBICACIÓN : LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA

FECHA : 15 de Mayo de 2022

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**I. ENSAYOS ESTÁNDAR**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422**

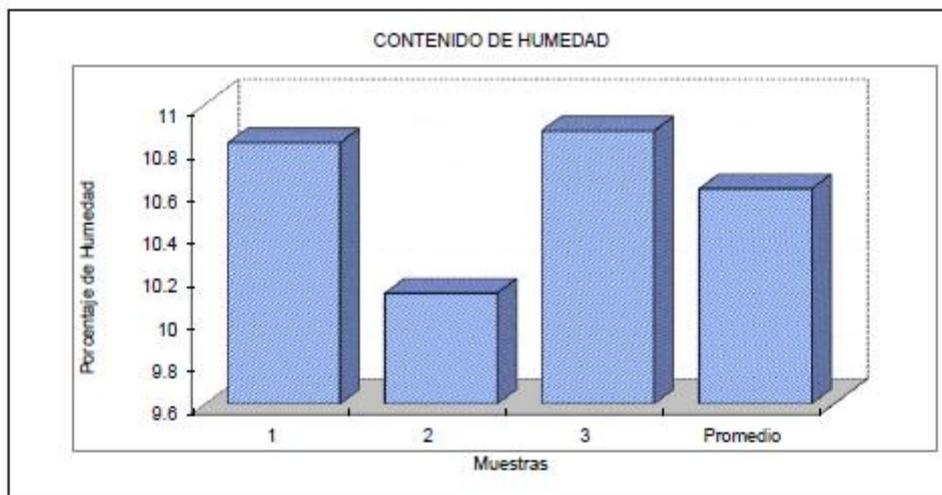
Malla	Abertura (mm)	(%) Acumulado que pasa
3"	76.200	100.00
2"	50.300	100.00
1 1/2"	38.100	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.050	100.00
3/8"	9.525	97.26
Nº4	4.760	91.80
Nº10	2.000	84.30
Nº20	0.840	75.34
Nº40	0.426	69.35
Nº50	0.300	67.22
Nº100	0.149	62.76
Nº200	0.074	57.97
Limite Líquido (%) ASTM D-4318		30.36
Limite Plástico (%) ASTM D-4318		16.59
Clasificación SUCS		CL
Clasificación AASHTO		A-6(6)

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216**

**Obra** : USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA  
SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022  
**Localizac.** : LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA **Calicata** : C-C3 M2  
**Descripción:** SUBRASANTE **Profundid.:** 1.50 m  
**Solicita** : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ **Fecha** : 15-May-22

Capsula	1	2	3
Peso de Cápsula (g)	30.25	31.68	28.54
Peso de Cápsula+Suelo Húmedo (g)	136.36	139.11	130.08
Peso de Cápsula+Suelo Seco (g)	126.00	129.24	120.12
Peso del Suelo Húmedo (g)	106.11	107.43	101.54
Peso del Suelo Seco (g)	95.75	97.56	91.58
Porcentaje de Humedad (w)	10.82	10.12	10.88

Humedad Promedio (%) =	10.60
------------------------	-------





Solicitado · BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ  
Obra · USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA  
SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022  
Ubicación · LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA  
Fecha · 15 de Mayo de 2022

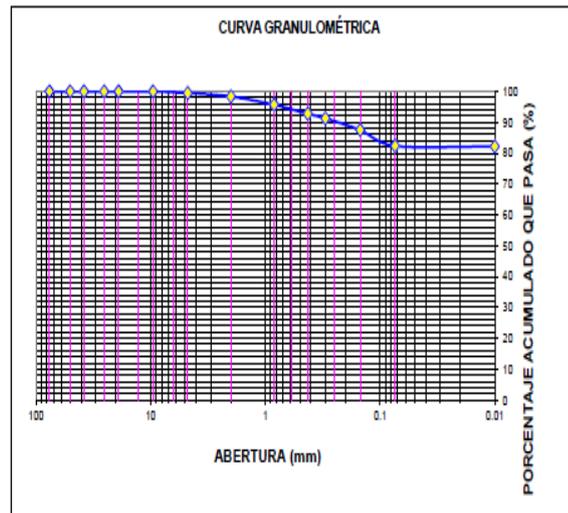
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
ASIM D-422

Pozo	C-C4 M2	
Ubicación	LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA	
Prof. (m)	1.50 m	
PESO INICIAL SECO	642.60	g
PESO LAVADO Y SECO	114.40	g

Tamiz	Abertura (mm)	Material		Retenido (%)		(% acumulado que pasa)	
		g	%	RET	que pasa		
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nº4	4.760	3.10	0.48	0.48	99.52		
Nº10	2.000	7.30	1.14	1.62	98.38		
Nº20	0.840	17.20	2.68	4.30	95.70		
Nº40	0.426	18.90	2.94	7.24	92.76		
Nº50	0.300	9.30	1.45	8.68	91.32		
Nº100	0.149	24.50	3.81	12.50	87.50		
Nº200	0.074	33.20	5.17	17.66	82.34		
FONDO	0.010	0.90	0.14	17.80	82.20		
LAVADO	0.010	528.2	82.20	100.00	0.00		

114.40 17.80

LIMITE LIQUIDO	·	41.18
LIMITE PLASTICO	·	25.22
INDICE PLASTICO	·	15.96
CLASIF. SUCS	·	CL
CLASIF. AASHTO	·	A-7(19)



SOLICITADO : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ

OBRA : USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA  
SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022

UBICACIÓN : LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA

FECHA : 15 de Mayo de 2022

## RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

### I. ENSAYOS ESTÁNDAR

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

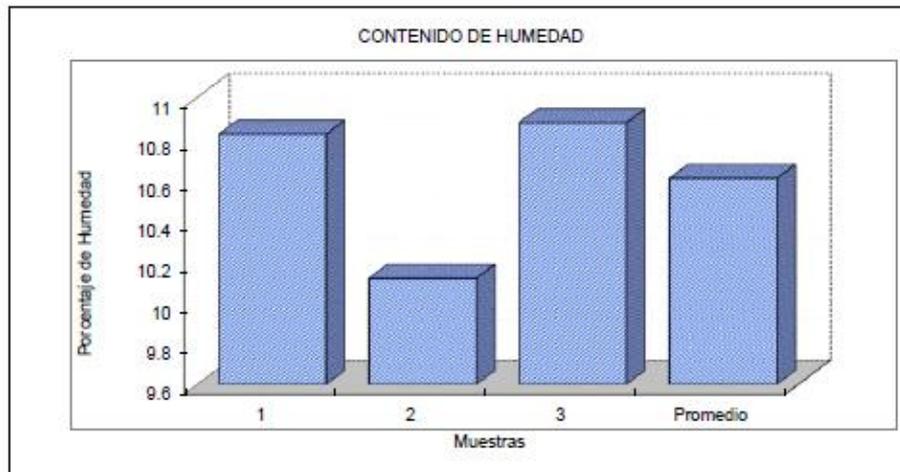
Malla	Abertura (mm)	(%) Acumulado que pasa
3"	76.200	100.00
2"	50.300	100.00
1 1/2"	38.100	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.050	100.00
3/8"	9.525	100.00
Nº4	4.760	99.52
Nº10	2.000	98.38
Nº20	0.840	95.70
Nº40	0.426	92.76
Nº50	0.300	91.32
Nº100	0.149	87.50
Nº200	0.074	82.34
Limite Líquido (%) ASTM D-4318		41.18
Limite Plástico (%) ASTM D-4318		25.22
Clasificación SUCS		CL
Clasificación AASHTO		A-7(19)

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216**

**Obra** : USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA  
SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022  
**Localizac.** : LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA **Calicata** : C-C4 M2  
**Descripción:** SUBRASANTE **Profundid.:** 1.50 m  
**Solicita** : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ **Fecha** : 15-May-22

Cápsula	1	2	3
Peso de Cápsula (g)	30.25	31.68	28.54
Peso de Cápsula+Suelo Húmedo (g)	136.36	139.11	130.08
Peso de Cápsula+Suelo Seco (g)	126.00	129.24	120.12
Peso del Suelo Húmedo (g)	106.11	107.43	101.54
Peso del Suelo Seco (g)	95.75	97.56	91.58
Porcentaje de Humedad (w)	10.82	10.12	10.88

Humedad Promedio (%) =	10.60
------------------------	-------



**REGISTRO DE EXCAVACION**

Solicitante	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ
Proyecto	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA
	SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022
Ubicacion	LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA

Lado	FRENTE DERECHO	Cota	3518.9 m.s.n.m	Localizacion	LARAMPUQUIO-ACCOCAPILLAPATA
Calicata	C-C4 M2	Prof. Excav.	1.50 m	UTM	18L 574278.178539661.9
N.F (m)	NO	Operador	JEPV	Fecha	15/05/2022

Profundidad (m)	Excavación (m)	M	Perfil	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS
0.25	0.15	1		DE 0.00 A 0.15 SUELO COLOR MARRON OSCURO, CONFORMADO POR TURBA ORGANICA	PT
0.50				DE 0.15 A 1.50 m. SUELO CONFORMADO POR ARENAS LIMOSAS A ARENAS ARCILLOSAS LIGERAMENTE HUMEDO DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD EN ESTADO SEMICOMPACTO A SEMI IMPERMEABLE, ENGLOBALA A GRAVILLAS DE GRANO MEDIO. COLOR MARRON NO PRESENTA NIVEL FREATICO	CL
0.75	1.50	2		AASTHO A-7(19)	
1.00					
1.25					
1.50					
1.75					
2.00					
2.25					
2.50					
2.75					
3.00					
3.25					
3.50					
3.75					
Observaciones:					
Hasta la profundidad de excavación no hay presencia del nivel freático.					

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

<b>PROYECTO</b>	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022	<b>AASTHO</b>	A-6(6)
<b>UBICACION</b>	C-C1 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA	<b>SUCS</b>	CL
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ	<b>MUESTRA</b>	M-2
<b>MATERIAL</b>	SUBRASANTE	<b>FECHA</b>	15/05/2022

**COMPACTACION C B R**

MOLDE	1			2			3		
Altura Molde mm.	117			117			117		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	10			25			56		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPA		DESPUES	ANTES DE EMPAPA		DESPUES	ANTES DE EMPAPA		DESPUES
P. Húm.+ Molde	7776.00		7760.00	7924.00		7935.00	8041.00		8055.00
Peso Molde (gr)	3892.00		3892.00	3892.00		3892.00	3892.00		3892.00
Peso Húmedo (gr)	3884.00		3868.00	4032.00		4043.00	4149.00		4163.00
Vol. Molde (cc)	2123.07		2123.07	2123.07		2123.07	2123.07		2123.07
Densidad H.(gr/cc)	1.83		1.82	1.90		1.90	1.95		1.96
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	63.51	60.82	52.19	65.87	64.21	61.18	59.55	57.51	64.19
Peso Seco + Tara	58.48	56.24	48.60	60.51	59.18	56.50	55.00	53.08	59.07
Peso Agua (gr)	5.03	4.58	3.59	5.36	5.03	4.68	4.55	4.43	5.12
Peso Tara (gr)	15.82	15.23	16.05	15.72	16.80	15.70	15.92	15.74	15.27
P. Muestra Seca	42.66	41.01	32.55	44.79	42.38	40.80	39.08	37.34	43.80
Cont. Humedad	11.79%	11.17%	11.03%	11.97%	11.87%	11.47%	11.64%	11.86%	11.89%
Cont.Hum.Prom.	11.48%		11.03%	11.92%		11.47%	11.75%		11.69%
<b>DENSIDAD SECA</b>	1.641		1.641	1.697		1.708	1.749		1.756

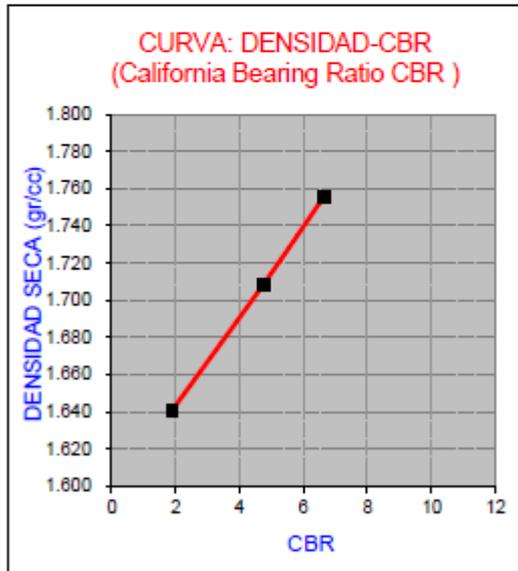
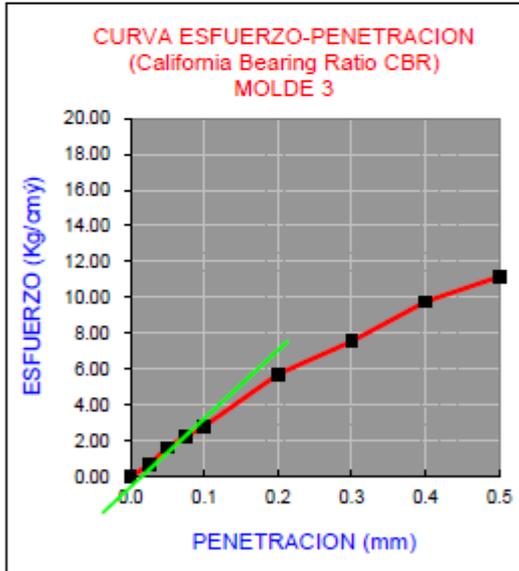
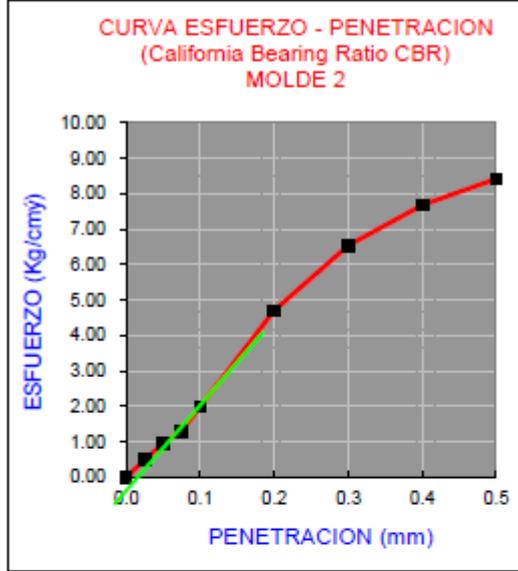
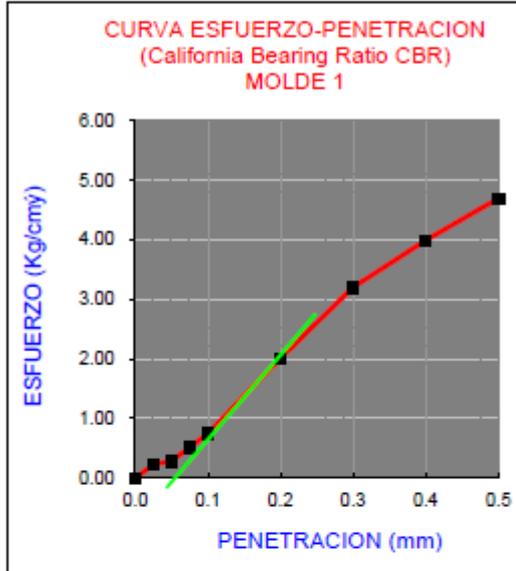
**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.385	0.385	0.33	0.250	0.250	0.21	0.120	0.120	0.10
48	2	0.200	0.200	0.17	0.125	0.125	0.11	0.075	0.075	0.06
72	3	0.080	0.080	0.07	0.085	0.085	0.07	0.010	0.010	0.01
96	4	0.020	0.020	0.02	0.015	0.015	0.01	0.001	0.001	0.00

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	4.487	0.23	9.79	0.50	12.75	0.65
1.27	0.050	5.608	0.29	18.76	0.96	32.22	1.64
1.91	0.075	10.095	0.51	25.90	1.32	44.26	2.25
2.54	0.100	14.684	0.75	39.26	2.00	55.27	2.81
5.08	0.200	39.463	2.01	92.49	4.71	112.37	5.72
7.62	0.300	62.815	3.20	128.5	6.54	148.47	7.56
10.16	0.400	78.314	3.99	150.9	7.69	191.71	9.76
12.70	0.500	92.183	4.69	165.4	8.42	219.24	11.17

**C-C1 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	1.00	2.00
MOLDE 2	2.00	5.00
MOLDE 3	3.00	7.00

	DENS	0.1	0.2	CBR	C-C1 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA MUESTRA : M-2
MOLDE 1	1.641	1.42	1.90	1.90	
MOLDE 2	1.708	2.84	4.74	4.74	
MOLDE 3	1.756	4.27	6.64	6.64	

(\*) Valores Corregidos

<b>C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =</b>	<b>4.27%</b>
<b>C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =</b>	<b>3.00%</b>

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

<b>PROYECTO</b>	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022	<b>AASTHO</b>	A-7(14)
<b>UBICACION</b>	C-C2 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA	<b>SUCS</b>	CL
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ	<b>MUESTRA</b>	M-2
<b>MATERIAL</b>	SUBRASANTE	<b>FECHA</b>	15/05/2022

### COMPACTACION C B R

MOLDE	1		2			3				
Altura Molde mm.	120		120			120				
N° Capas	5		5			5				
N°Golg x Capa	10		25			56				
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES			
P. Húm.+ Molde	7298.00		7318.00		7646.00		7671.00			
Peso Molde (gr)	3892.00		3892.00		3892.00		3892.00			
Peso Húmedo (gr)	3406.00		3426.00		3754.00		3779.00			
Vol. Molde (cc)	2120.58		2120.58		2120.58		2120.58			
Densidad H.(gr/cc)	1.61		1.62		1.77		1.78			
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	
P.Húmedo + Tara	141.86	130.26	148.75	185.50	110.20	95.21	181.99	170.25	179.65	
Peso Seco + Tara	127.97	130.52	142.00	169.81	99.15	86.25	163.16	152.35	160.40	
Peso Agua (gr)	13.89	15.20	16.95	15.69	11.05	8.96	18.83	17.90	19.25	
Peso Tara (gr)	40.01	35.20	36.20	72.46	30.02	31.10	46.44	35.02	33.12	
P. Muestra Seca	87.96	95.32	105.80	97.35	69.13	55.15	116.72	117.33	127.28	
Cont. Humedad	15.79%	15.95%	16.02%	16.12%	15.98%	16.25%	16.13%	15.26%	15.12%	
Cont.Hum.Prom.	15.87%		16.02%		16.05%		16.25%		15.69%	
DENSIDAD SECA	1.386		1.393		1.525		1.533		1.678	

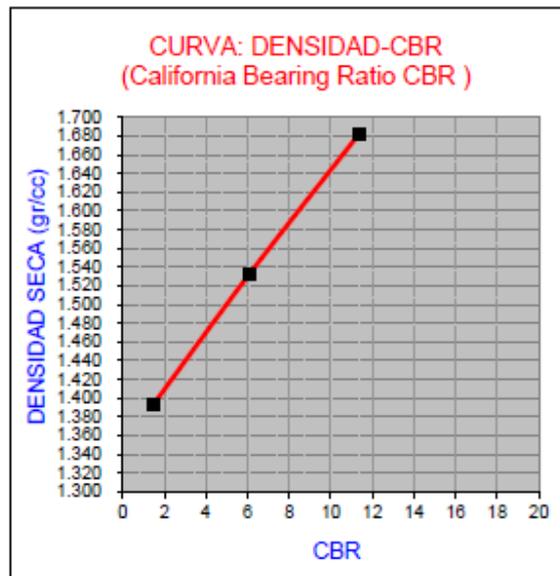
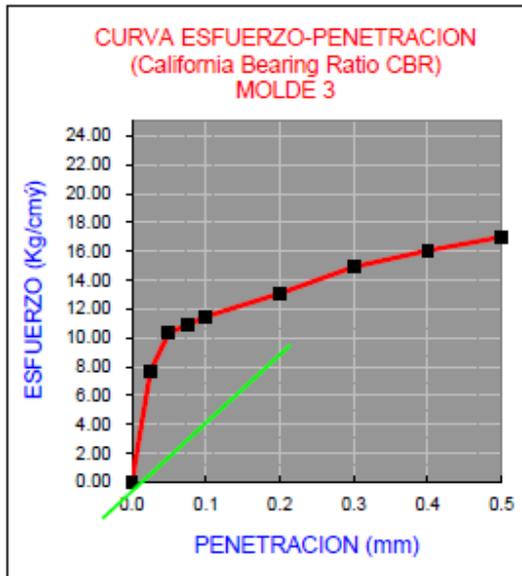
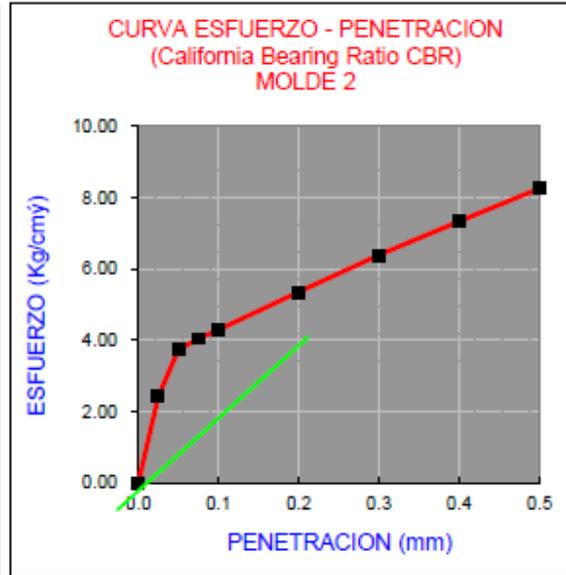
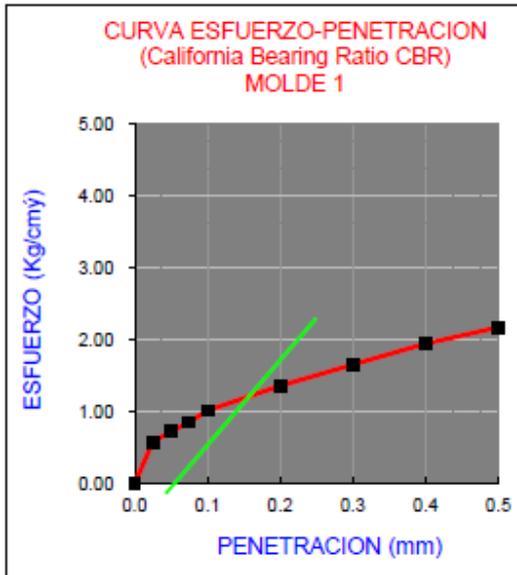
### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA		HINCHAMIENTO	LECTUR		HINCHAMIENTO	LECTURA		HINCHAMIENTO
(Hs)	(Días)	DEFORM	(mm)		(%)	DEFORM		(mm)	(%)	
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	4.420	4.420	3.68	3.420	3.420	2.85	2.270	2.270	1.89
48	2	0.780	0.780	0.65	1.130	1.130	0.94	0.690	0.690	0.58
72	3	0.800	0.800	0.67	0.980	0.980	0.82	0.750	0.750	0.63
96	4	0.830	0.830	0.69	0.810	0.810	0.68	0.820	0.820	0.68

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	11.421	0.58	47.52	2.42	151.33	7.71
1.27	0.050	14.276	0.73	73.32	3.73	203.13	10.35
1.91	0.075	16.825	0.86	79.64	4.06	214.04	10.90
2.54	0.100	19.987	1.02	84.33	4.29	225.36	11.48
5.08	0.200	26.717	1.36	105.13	5.35	256.66	13.07
7.62	0.300	32.529	1.66	125.5	6.39	292.86	14.92
10.16	0.400	38.240	1.95	144.0	7.33	315.09	16.05
12.70	0.500	42.726	2.18	162.1	8.26	333.55	16.99

**C-C2 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	1.0	1.4
MOLDE 2	4.3	5.4
MOLDE 3	8.0	9.0

(\*) Valores Corregidos

	DENS	0.1	0.2	CBR	C-C2 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA
MOLDE 1	1.393	1.45	1.29	1.45	
MOLDE 2	1.533	6.11	5.08	6.11	MUESTRA : M-2
MOLDE 3	1.683	11.38	8.53	11.38	

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	10.00%
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	4.00%

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

<b>PROYECTO</b>	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022	<b>AASTHO</b>	A-6(6)
<b>UBICACION</b>	C-C3 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA	<b>SUCS</b>	CL
<b>ENSAYADO</b>	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ	<b>MUESTRA</b>	M-2
<b>MATERIAL</b>	SUBRASANTE	<b>FECHA</b>	15/05/2022

### COMPACTACION C B R

MOLDE	1	2	3
Altura Molde mm.	117	117	117
N° Capas	5	5	5
N°Golp x Capa	10	25	56

Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPA		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
	1	2	1	2	1	2	1	2
P. Húm.+ Molde	7612.00	7612.45	7852.00	7857.09	8021.00	8051.08		
Peso Molde (gr)	3892.00	3892.00	3892.00	3892.00	3892.00	3892.00		
Peso Húmedo (gr)	3720.00	3720.45	3960.00	3965.09	4129.00	4159.08		
Vol. Molde (cc)	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07		
Densidad H.(gr/cc)	1.75	1.75	1.87	1.87	1.94	1.96		

Número de Ensayo	1-A			1-B			1-C			2-A			2-B			2-C			3-A			3-B			3-C		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P.Húmedo + Tara	58.26	51.20	58.69	61.20	59.48	56.32	53.84	60.08	68.24	58.26	51.20	58.69	61.20	59.48	56.32	53.84	60.08	68.24	58.26	51.20	58.69	61.20	59.48	56.32	53.84	60.08	68.24
Peso Seco + Tara	54.65	48.00	54.92	57.40	55.72	52.81	50.70	56.34	63.48	54.65	48.00	54.92	57.40	55.72	52.81	50.70	56.34	63.48	54.65	48.00	54.92	57.40	55.72	52.81	50.70	56.34	63.48
Peso Agua (gr)	3.61	3.20	3.77	3.80	3.76	3.51	3.14	3.74	4.76	3.61	3.20	3.77	3.80	3.76	3.51	3.14	3.74	4.76	3.61	3.20	3.77	3.80	3.76	3.51	3.14	3.74	4.76
Peso Tara (gr)	15.26	15.70	15.44	15.80	16.23	15.74	15.80	15.53	15.28	15.26	15.70	15.44	15.80	16.23	15.74	15.80	15.53	15.28	15.26	15.70	15.44	15.80	16.23	15.74	15.80	15.53	15.28
P. Muestra Seca	39.39	32.30	39.48	41.60	39.49	37.07	34.90	40.81	48.20	39.39	32.30	39.48	41.60	39.49	37.07	34.90	40.81	48.20	39.39	32.30	39.48	41.60	39.49	37.07	34.90	40.81	48.20
Cont. Humedad	9.16%	9.91%	9.55%	9.13%	9.52%	9.47%	9.00%	9.16%	9.88%	9.16%	9.91%	9.55%	9.13%	9.52%	9.47%	9.00%	9.16%	9.88%	9.16%	9.91%	9.55%	9.13%	9.52%	9.47%	9.00%	9.16%	9.88%
Cont.Hum.Prom.	9.54%			9.55%			9.33%			9.47%			9.08%			9.88%											
DENSIDAD SECA	1.600			1.600			1.706			1.706			1.783			1.783											

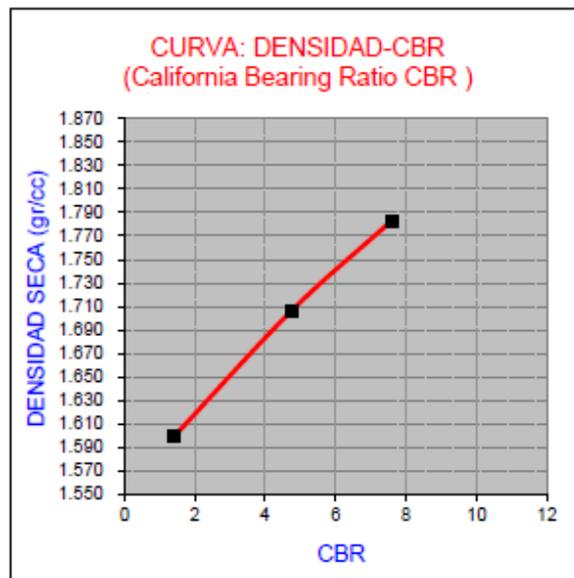
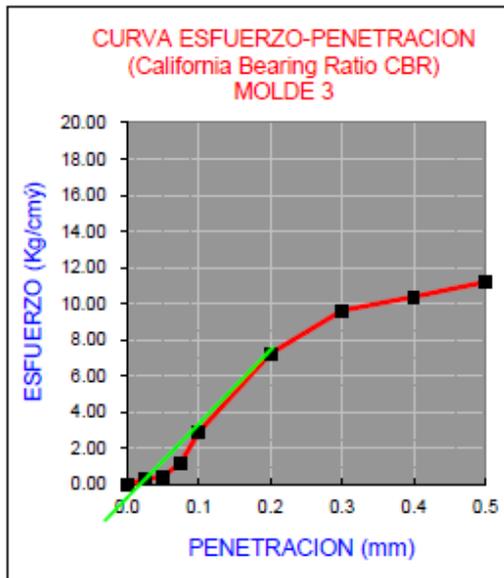
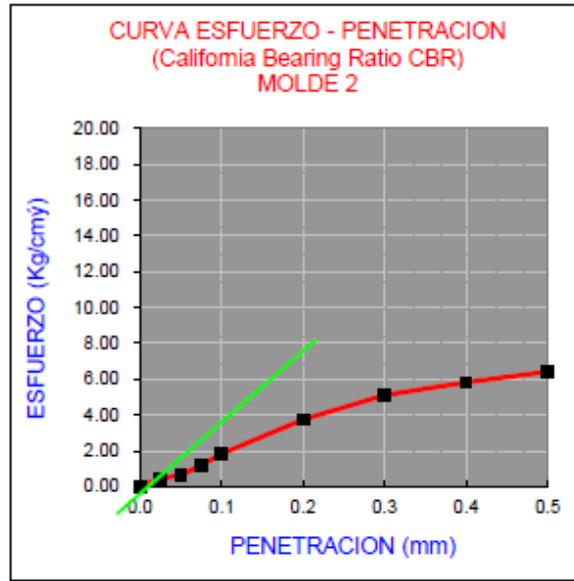
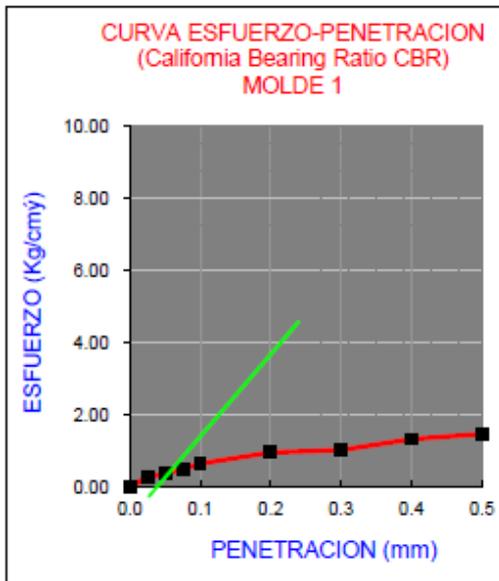
### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTUR	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.127	0.127	0.11	0.100	0.100	0.09	0.008	0.008	0.01
48	2	0.085	0.085	0.07	0.050	0.050	0.04	0.002	0.002	0.00
72	3	0.020	0.020	0.02	0.002	0.002	0.00	0.001	0.001	0.00
96	4	0.002	0.002	0.00	0.001	0.001	0.00	0.001	0.001	0.00

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	5.608	0.29	8.87	0.45	6.53	0.33
1.27	0.050	7.342	0.37	12.24	0.62	8.77	0.46
1.91	0.075	9.789	0.50	23.45	1.19	24.07	1.23
2.54	0.100	12.747	0.65	35.89	1.83	57.31	2.92
5.08	0.200	18.865	0.96	73.52	3.74	142.15	7.24
7.62	0.300	20.190	1.03	100.3	5.11	189.06	9.63
10.16	0.400	26.105	1.33	114.3	5.82	203.94	10.39
12.70	0.500	28.960	1.47	126.0	6.42	219.85	11.20

**C-C3 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	1.00	1.00
MOLDE 2	3.00	5.00
MOLDE 3	4.0	8.00

(\*) Valores Corregidos

	DENS	0.1	0.2	CBR	
MOLDE 1	1.600	1.42	0.95	1.42	C-C3 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA
MOLDE 2	1.706	4.27	4.74	4.74	MUESTRA :
MOLDE 3	1.783	5.69	7.59	7.59	M-2

<b>C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =</b>	<b>7.59%</b>
<b>C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =</b>	<b>4.50%</b>

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

<b>PROYECTO</b>	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022	<b>AASTHO</b>	A-7(19)
<b>UBICACION</b>	C-C4 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA	<b>SUCS</b>	CL
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ	<b>MUESTRAM-2</b>	
<b>MATERIAL</b>	SUBRASANTE	<b>FECHA</b>	15/05/2022

### COMPACTACION C B R

MOLDE	1		2		3				
Altura Molde mm.	117		117		117				
N° Capas	5		5		5				
N°Golp x Capa	10		25		56				
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPA	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES			
P. Húm.+ Molde	7760.00	7769.51	8132.00	8161.93	8340.00	8301.92			
Peso Molde (gr)	3892.00	3892.00	3892.00	3892.00	3892.00	3892.00			
Peso Húmedo (gr)	3868.00	3877.51	4240.00	4269.93	4448.00	4409.92			
Vol. Molde (cc)	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57			
Densidad H.(gr/cc)	1.87	1.88	2.05	2.07	2.15	2.13			
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	99.64	102.25	86.53	102.64	110.20	95.21	114.74	102.02	105.27
Peso Seco + Tara	94.55	96.35	82.00	96.91	102.15	88.65	108.45	96.00	98.23
Peso Agua (gr)	5.09	5.90	4.53	5.73	8.05	6.56	6.29	6.02	7.04
Peso Tara (gr)	41.50	35.20	36.20	40.05	30.02	31.10	49.75	45.21	30.08
P. Muestra Seca	53.05	61.15	45.80	56.86	72.13	57.55	58.70	50.79	68.15
Cont. Humedad	9.59%	9.65%	9.89%	10.08%	11.16%	11.40%	10.71%	11.85%	10.33%
Cont.Hum.Prom.	9.62%		9.89%		10.62%		11.28%		10.33%
DENSIDAD SECA	1.707		1.707		1.854		1.933		1.933

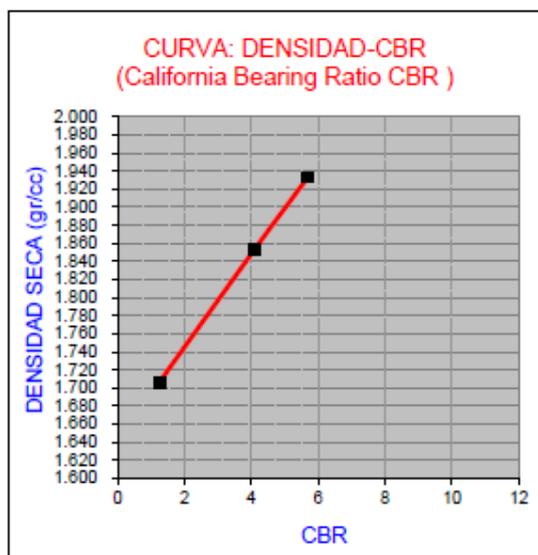
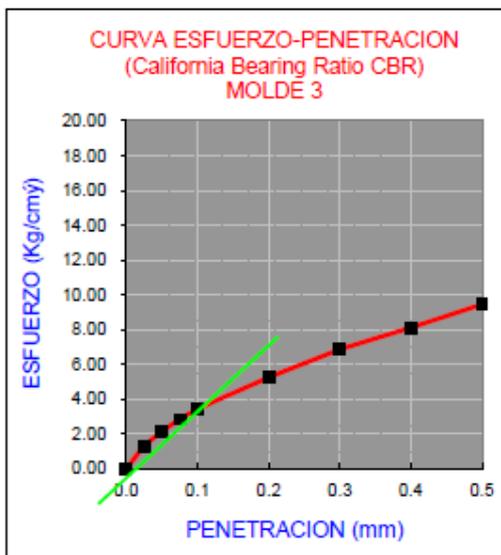
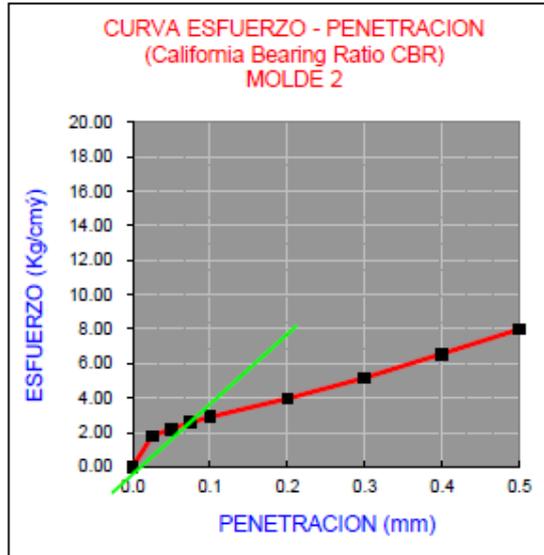
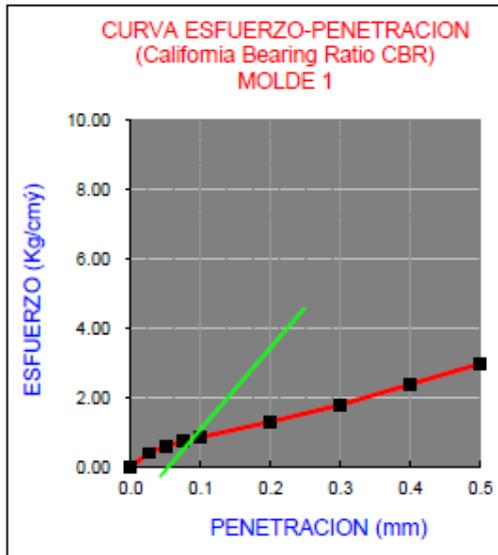
### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTUR	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	2.930	2.930	2.50	3.400	3.400	2.91	3.830	3.830	3.27
48	2	0.600	0.600	0.51	0.100	0.100	0.09	0.770	0.770	0.66
72	3	0.700	0.700	0.60	0.220	0.220	0.19	0.290	0.290	0.25
96	4	0.150	0.150	0.13	0.000	0.000	0.00	0.470	0.470	0.40

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	8.260	0.42	34.87	1.78	26.31	1.34
1.27	0.050	11.829	0.60	43.24	2.20	42.52	2.17
1.91	0.075	14.684	0.75	50.68	2.58	56.19	2.86
2.54	0.100	17.029	0.87	56.70	2.89	67.51	3.44
5.08	0.200	25.901	1.32	77.80	3.96	103.30	5.26
7.62	0.300	35.384	1.80	101.4	5.16	134.81	6.87
10.16	0.400	47.111	2.40	128.9	6.56	159.38	8.12
12.70	0.500	58.736	2.99	156.9	7.99	185.59	9.45

**C-C4 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	0.9	1.3
MOLDE 2	2.9	4.0
MOLDE 3	3.4	6.0

	DENS	0.1	0.2	CBR	C-C4 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA MUESTRA : M-2
MOLDE 1	1.707	1.23	1.25	1.25	
MOLDE 2	1.854	4.11	3.76	4.11	
MOLDE 3	1.933	4.89	5.69	5.69	

(\*) Valores Corregidos

<b>C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =</b>	<b>6.00%</b>
<b>C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =</b>	<b>4.00%</b>



## ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO

DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA,  
AYACUCHO 2022

SOLICITANTE

: BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ

UBICACIÓN

: C-C2 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA

MOLDE N°

: 1 Método de Compact. T-99 @

VOLUMEN MOLDE

: 2032.22 N° de Capas 6

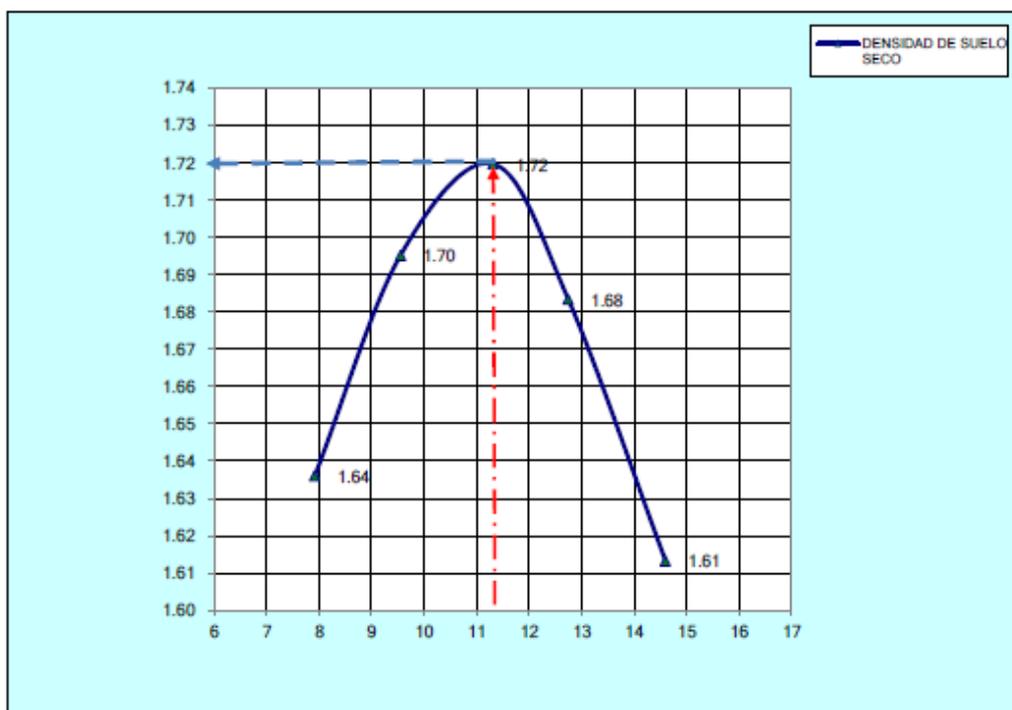
PESO MOLDE

: 2,830 N° de Golpes por Capa 66

FECHA

: 15/05/2022

PESO SUELO HUMEDO + MOLDE	6,418	6,604	6,720	6,687	6,587
PESO DE MOLDE	2,830	2,830	2,830	2,830	2,830
PESO SUELO HUMEDO	3,588	3,774	3,890	3,857	3,757
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	1.77	1.86	1.91	1.90	1.85
CAPSULA N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
PESO DE CAPSULA	43.20	38.50	40.26	35.62	41.15
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	125.00	146.90	125.08	130.36	150.10
PESO SUELO SECO + CAPSULA	119.00	137.45	116.46	119.65	136.22
PESO DEL AGUA	6.00	9.45	8.62	10.71	13.88
PESO DEL SUELO SECO	75.80	98.95	76.20	84.03	95.07
PORCENTAJE DE HUMEDAD	7.92	9.55	11.31	12.75	14.60
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.64	1.70	1.72	1.68	1.61



DENSIDAD MAXIMA	: 1.720 Tn/m <sup>3</sup>
HUMEDAD OPTIMA	: 11.31 %

## ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO : DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022

SOLICITANTE : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ

UBICACIÓN : C-C3 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA

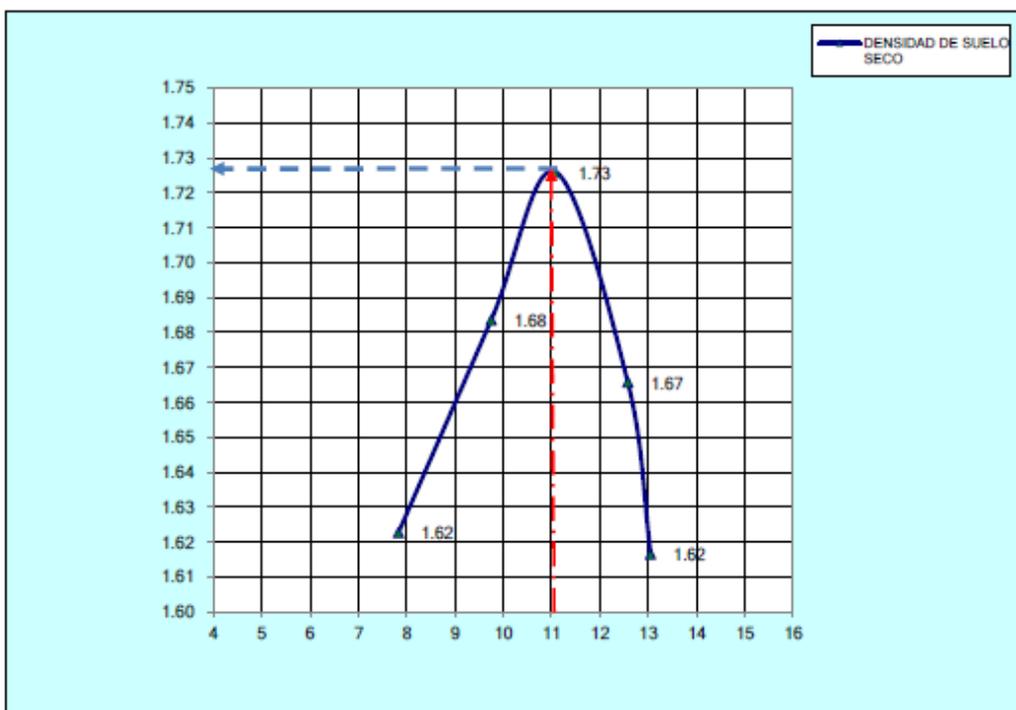
MOLDE N° : 6 Método de Compact. T-99 @

VOLUMEN MOLDE : 2032.22 N° de Capas 5

PESO MOLDE : 2,856 N° de Golpes por Capa 56

FECHA : 15/05/2022

PESO SUELO HUMEDO + MOLDE	6,412	6,611	6,752	6,667	6,570
PESO DE MOLDE	2,856	2,856	2,856	2,856	2,856
PESO SUELO HUMEDO	3,556	3,755	3,896	3,811	3,714
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	1.75	1.85	1.92	1.88	1.83
CAPSULA N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
PESO DE CAPSULA	16.42	14.36	16.50	15.70	14.38
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	123.80	114.30	126.30	123.10	118.30
PESO SUELO SECO + CAPSULA	116.00	105.42	115.35	111.10	106.30
PESO DEL AGUA	7.80	8.88	10.95	12.00	12.00
PESO DEL SUELO SECO	99.58	91.06	98.85	95.40	91.92
PORCENTAJE DE HUMEDAD	7.83	9.75	11.08	12.58	13.05
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.62	1.68	1.73	1.67	1.62



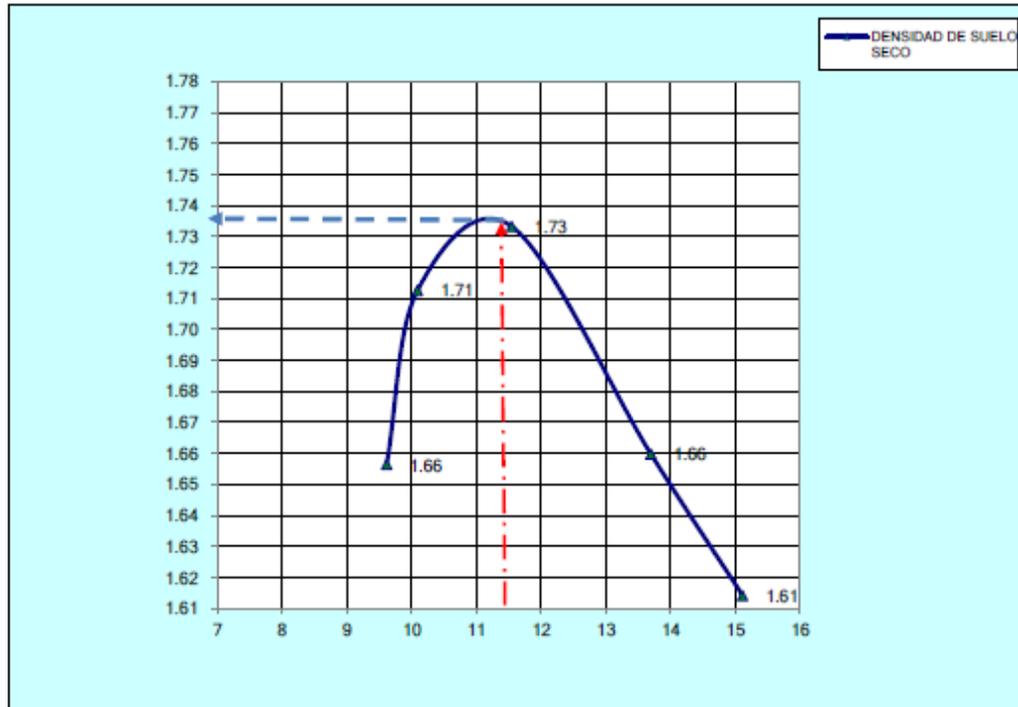
DENSIDAD MAXIMA	: 1.726 Tn/m <sup>3</sup>
HUMEDAD OPTIMA	: 11.08 %

## ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO : DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022

SOLICITANTE : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ  
 UBICACIÓN : C-04 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA  
 MOLDE N° : 2 Método de Compact. : T-99 @  
 VOLUMEN MOLDE : 2032.22 N° de Capas : 5  
 PESO MOLDE : 2,756 N° de Golpes por Capa : 56  
 FECHA : 16/06/2022

PESO SUELO HUMEDO + MOLDE	6,446	6,588	6,685	6,591	6,532
PESO DE MOLDE	2,756	2,756	2,756	2,756	2,756
PESO SUELO HUMEDO	3,690	3,832	3,929	3,835	3,776
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	1.82	1.89	1.93	1.89	1.86
CAPSULA N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
PESO DE CAPSULA	15.20	37.42	35.25	40.20	38.40
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	117.36	138.20	135.36	127.69	121.42
PESO SUELO SECO + CAPSULA	108.40	128.96	125.00	117.15	110.52
PESO DEL AGUA	8.96	9.24	10.36	10.54	10.90
PESO DEL SUELO SECO	93.20	91.54	89.75	76.95	72.12
PORCENTAJE DE HUMEDAD	9.61	10.09	11.54	13.70	15.11
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.66	1.71	1.73	1.66	1.61



DENSIDAD MAXIMA	: 1.733 Tn/m3
HUMEDAD OPTIMA	: 11.54 %

## ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO

DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA,  
AYACUCHO 2022

SOLICITANTE

: BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ

UBICACIÓN

: C-CI M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA DOSIFICACIÓN 2% CAL-12 %CM

MOLDE N°

: 7 Método de Compact. T-99 ©

VOLUMEN MOLDE

: 2032.22 N° de Capas 5

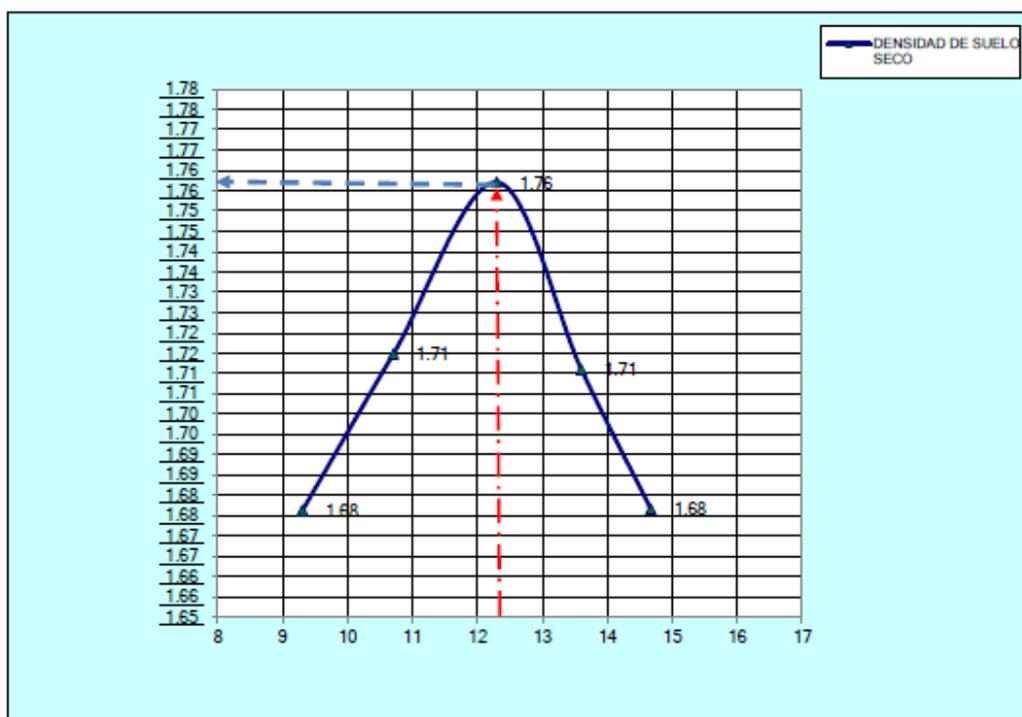
PESO MOLDE

: 3,148 N° de Golpes por Capa 56

FECHA

: 15/05/2022

PESO SUELO HUMEDO + MOLDE	6,872	7,006	7,158	7,098	7,055
PESO DE MOLDE	3,148	3,148	3,148	3,148	3,148
PESO SUELO HUMEDO	3,724	3,858	4,010	3,950	3,907
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	1.83	1.90	1.97	1.94	1.92
CAPSULA N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
PESO DE CAPSULA	14.20	15.00	16.20	16.30	14.00
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	133.25	120.26	110.60	127.54	119.51
PESO SUELO SECO + CAPSULA	123.11	110.08	100.26	114.22	106.01
PESO DEL AGUA	10.14	10.18	10.34	13.32	13.50
PESO DEL SUELO SECO	108.91	95.08	84.06	97.92	92.01
PORCENTAJE DE HUMEDAD	9.31	10.71	12.30	13.60	14.67
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.68	1.71	1.76	1.71	1.68



DENSIDAD MAXIMA

: 1.757 Tn/m<sup>3</sup>

HUMEDAD OPTIMA

: 12.30 %

## ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO

DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA,  
AYACUCHO 2022

SOLICITANTE

: BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ

UBICACIÓN

: -C-03 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA **DOSIFICACIÓN 2% CAL-12 %CM**

MOLDE N°

: 18 Método de Compact. T-99 ©

VOLUMEN MOLDE

: 2032.22 N° de Capas 6

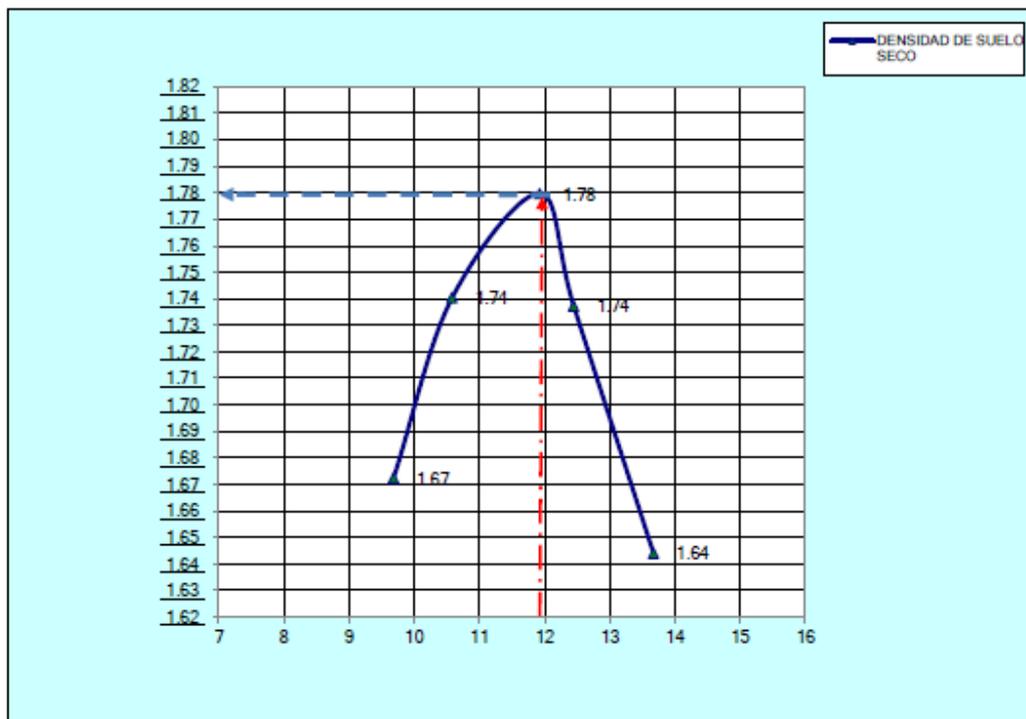
PESO MOLDE

: 3,014 N° de Golpes por Capa 66

FECHA

SETIEMBRE - 19

PESO SUELO HUMEDO + MOLDE	6,742	6,925	7,062	6,984	6,812
PESO DE MOLDE	3,014	3,014	3,014	3,014	3,014
PESO SUELO HUMEDO	3,728	3,911	4,048	3,970	3,798
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	1.83	1.92	1.99	1.95	1.87
CAPSULA N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
PESO DE CAPSULA	16.22	14.20	15.20	15.00	16.50
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	120.76	110.65	127.80	130.62	134.15
PESO SUELO SECO + CAPSULA	111.53	101.42	115.80	117.82	120.00
PESO DEL AGUA	9.23	9.23	12.00	12.80	14.15
PESO DEL SUELO SECO	95.31	87.22	100.60	102.82	103.50
PORCENTAJE DE HUMEDAD	9.68	10.58	11.93	12.45	13.67
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.67	1.74	1.78	1.74	1.64



DENSIDAD MAXIMA	: 1.78 Tn/m3
HUMEDAD OPTIMA	: 11.93 %

## ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO

DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA,  
AYACUCHO 2022

SOLICITANTE

: BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ

UBICACIÓN

: C-01 M2- LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA **DOSIFICACIÓN 2%CAL-17%CM**

MOLDE N°

: 3 Método de Compact. T-99 ©

VOLUMEN MOLDE

: 2032.22 N° de Capas 6

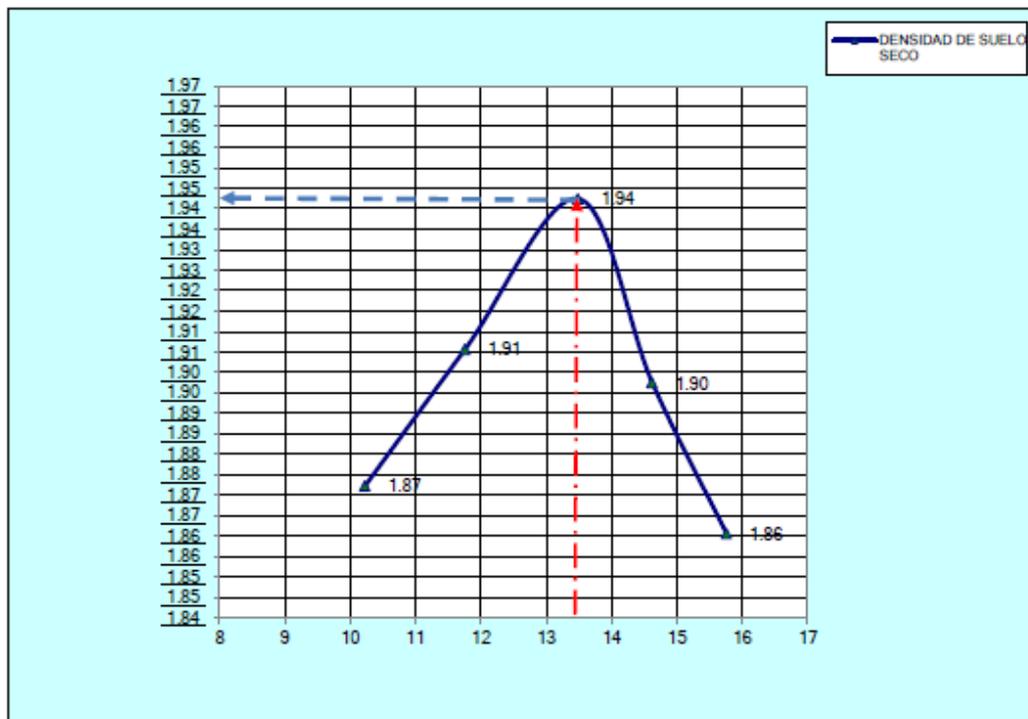
PESO MOLDE

: 2,678 N° de Golpes por Capa 56

FECHA

: 16/05/2022

PESO SUELO HUMEDO + MOLDE	6,872	7,006	7,158	7,098	7,055
PESO DE MOLDE	2,678	2,678	2,678	2,678	2,678
PESO SUELO HUMEDO	4,194	4,328	4,480	4,420	4,377
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	2.06	2.13	2.20	2.17	2.15
CAPSULA N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
PESO DE CAPSULA	14.20	15.00	16.20	16.30	14.00
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	134.25	121.26	111.60	128.54	120.51
PESO SUELO SECO + CAPSULA	123.11	110.08	100.26	114.22	106.01
PESO DEL AGUA	11.14	11.18	11.34	14.32	14.50
PESO DEL SUELO SECO	108.91	95.08	84.06	97.92	92.01
PORCENTAJE DE HUMEDAD	10.23	11.76	13.49	14.62	15.76
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.87	1.91	1.94	1.90	1.86



DENSIDAD MAXIMA

: 1.942 Tn/m<sup>3</sup>

HUMEDAD OPTIMA

: 13.49 %

## ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO

DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA,  
AYACUCHO 2022

SOLICITANTE

: BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ

DOSIFICACIÓN 2%CAL-17%CM

UBICACIÓN

: C-G3 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA

MOLDE N°

:

5

Método de Compact.

T-99 @

VOLUMEN MOLDE

:

2032.22

N° de Capas

5

PESO MOLDE

:

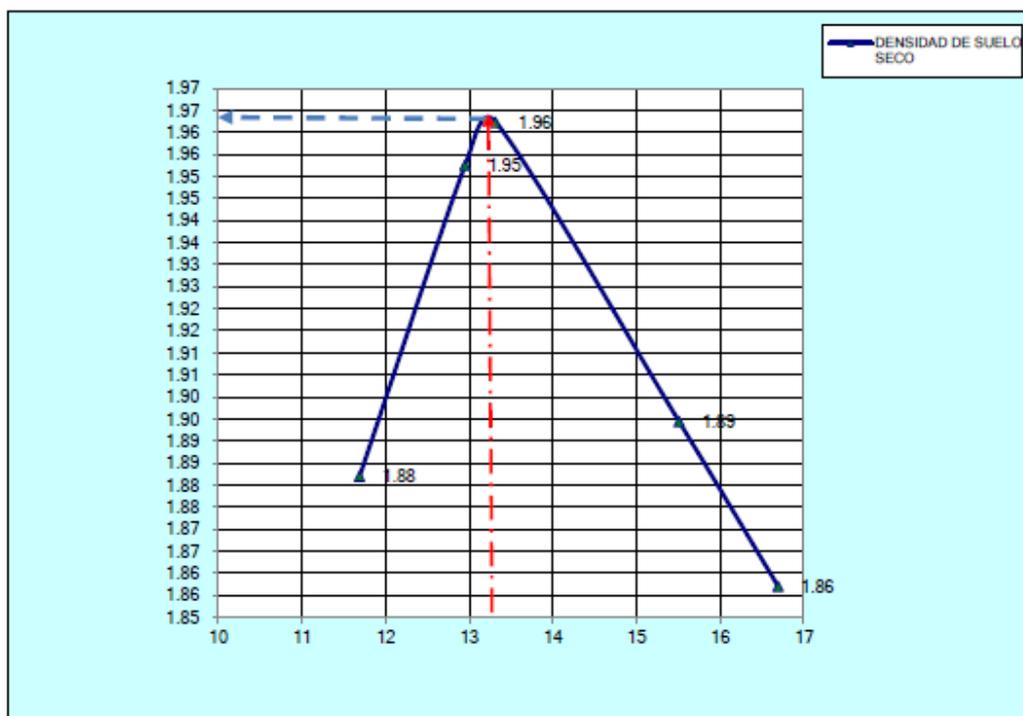
2,678

N° de Golpes por Capa

56

FECHA

PESO SUELO HUMEDO + MOLDE	6,950	7,160	7,197	7,125	7,082
PESO DE MOLDE	2,678	2,678	2,678	2,678	2,678
PESO SUELO HUMEDO	4,272	4,482	4,519	4,447	4,404
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	2.10	2.21	2.22	2.19	2.17
CAPSULA N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
PESO DE CAPSULA	38.40	40.10	39.54	41.55	38.26
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	141.29	136.20	114.33	119.70	156.25
PESO SUELO SECO + CAPSULA	130.52	125.18	105.54	109.20	139.37
PESO DEL AGUA	10.77	11.02	8.79	10.49	16.88
PESO DEL SUELO SECO	92.12	85.08	66.00	67.66	101.11
PORCENTAJE DE HUMEDAD	11.69	12.95	13.32	15.51	16.69
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.88	1.95	1.96	1.89	1.86



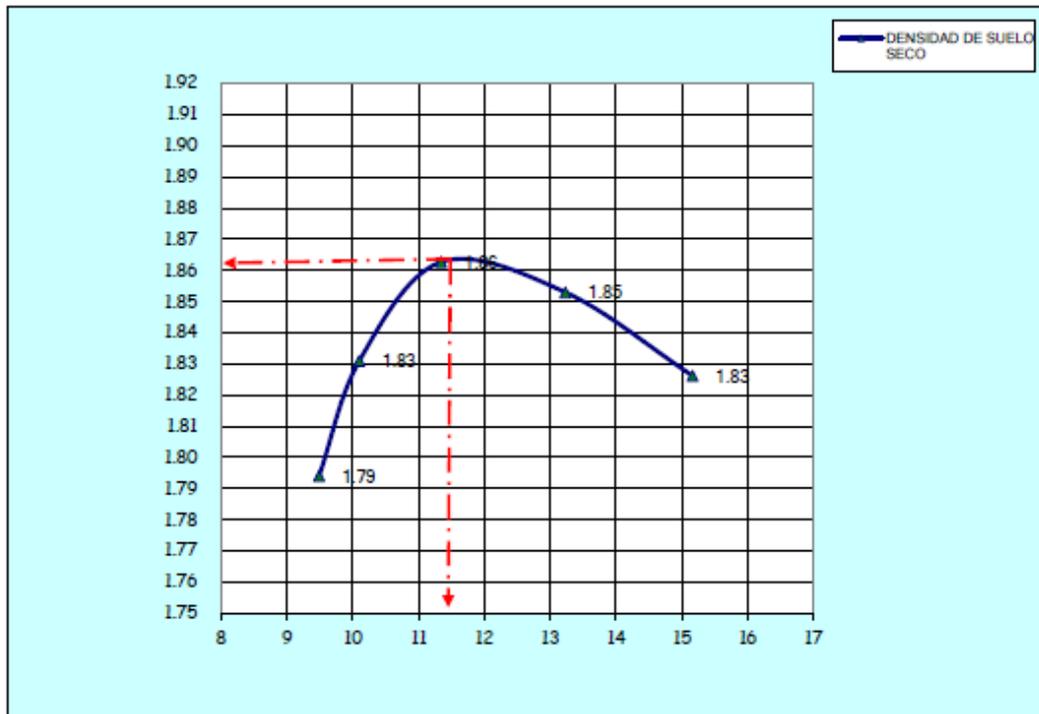
DENSIDAD MAXIMA	:	1.962 Tn/m <sup>3</sup>
HUMEDAD OPTIMA	:	13.32 %

## ENSAYO DE COMPACTACION

**PROYECTO** ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022

**SOLICITANTE** : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ  
**UBICACIÓN** : C-C1 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA **DOSIFICACIÓN** 2%CAL-22%CM  
**MOLDE N°** : 10 **Método de Compact.** T-99 @  
**VOLUMEN MOLDE** : 2032.217748 **N° de Capas** 5  
**PESO MOLDE** : 2,367 **N° de Golpes por Capa** 56  
**FECHA** : 15/05/2022

PESO SUELO HUMEDO + MOLDE	6,359	6,464	6,582	6,631	6,641
PESO DE MOLDE	2,367	2,367	2,367	2,367	2,367
PESO SUELO HUMEDO	3,992	4,097	4,215	4,264	4,274
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	1.96	2.02	2.07	2.10	2.10
CAPSULA N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
PESO DE CAPSULA	35.95	49.71	35.39	40.62	40.61
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	111.83	125.02	124.70	107.63	118.23
PESO SUELO SECO + CAPSULA	105.25	118.11	115.60	99.80	108.01
PESO DEL AGUA	6.58	6.91	9.10	7.83	10.22
PESO DEL SUELO SECO	69.30	68.40	80.21	59.18	67.40
PORCENTAJE DE HUMEDAD	9.49	10.10	11.35	13.23	15.16
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.79	1.83	1.86	1.85	1.83



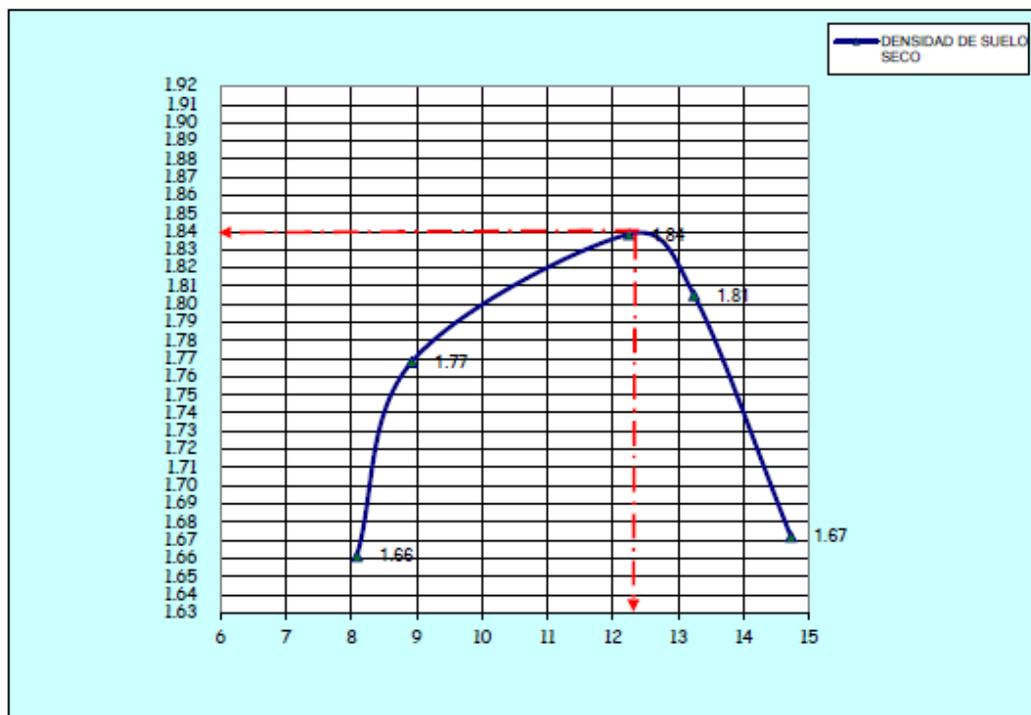
DENSIDAD MAXIMA	: 1.863 Tn/m3
HUMEDAD OPTIMA	: 11.35 %

## ENSAYO DE COMPACTACION

**PROYECTO** ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022

**SOLICITANTE** : BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ  
**UBICACIÓN** : C-C3 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA **DOSIFICACIÓN** 2%CAL-22%CM  
**MOLDE N°** : 7 **Método de Compact.** T-99 @  
**VOLUMEN MOLDE** : 2032.217748 **N° de Capas** 5  
**PESO MOLDE** : 3,212 **N° de Golpes por Capa** 56  
**FECHA** : 15/05/2022

PESO SUELO HUMEDO + MOLDE	6,861	7,126	7,406	7,366	7,110
PESO DE MOLDE	3,212	3,212	3,212	3,212	3,212
PESO SUELO HUMEDO	3,649	3,914	4,194	4,154	3,898
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	1.80	1.93	2.06	2.04	1.92
CAPSULA N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
PESO DE CAPSULA	36.33	35.40	39.45	38.30	35.15
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	132.30	107.30	87.86	95.51	117.28
PESO SUELO SECO + CAPSULA	125.12	101.41	82.58	88.82	106.74
PESO DEL AGUA	7.18	5.89	5.28	6.69	10.54
PESO DEL SUELO SECO	88.79	66.01	43.13	50.53	71.59
PORCENTAJE DE HUMEDAD	8.09	8.92	12.25	13.24	14.72
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.66	1.77	1.84	1.81	1.67



<b>DENSIDAD MAXIMA</b>	: 1.839 Tn/m <sup>3</sup>
<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 12.25 %

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

<b>PROYECTO</b>	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022	<b>DOSIFICACIÓN</b> <b>2%CAL + 12% CM</b>	
<b>UBICACION</b>	C-C1 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA		
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ	<b>MUESTRA</b>	M-2
<b>MATERIAL</b>	SUBRASANTE	<b>FECHA</b>	15/05/2022

### COMPACTACION C B R

MOLDE	1	2	3						
Altura Molde mm.	117	117	117						
N° Capas	5	5	5						
N°Golp x Capa	10	25	56						
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPA</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPA</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPA</b>	<b>DESPUES</b>			
P. Húm.+ Molde	7783.00	7784.00	7927.00	7949.00	8061.00	8098.00			
Peso Molde (gr)	3892.00	3892.00	3892.00	3892.00	3892.00	3892.00			
Peso Húmedo (gr)	3891.00	3892.00	4035.00	4057.00	4169.00	4206.00			
Vol. Molde (cc)	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07			
Densidad H.(gr/cc)	1.83	1.83	1.90	1.91	1.96	1.98			
<b>Número de Ensayo</b>	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	63.62	60.93	52.24	65.98	64.27	61.24	60.02	58.02	64.62
Peso Seco + Tara	58.48	56.24	48.60	60.51	59.18	56.50	55.00	53.08	59.07
Peso Agua (gr)	5.14	4.69	3.64	5.45	5.09	4.74	5.02	4.94	5.55
Peso Tara (gr)	15.82	15.23	16.05	15.72	16.80	15.70	15.92	15.74	15.27
P. Muestra Seca	42.66	41.01	32.55	44.79	42.38	40.80	39.08	37.34	43.80
Cont. Humedad	12.05%	11.44%	11.18%	12.17%	12.01%	11.62%	12.85%	13.23%	12.67%
Cont.Hum.Prom.	11.74%	11.18%	12.09%	11.62%	13.04%	12.67%			
<b>DENSIDAD SECA</b>	1.640	1.649	1.696	1.712	1.737	1.758			

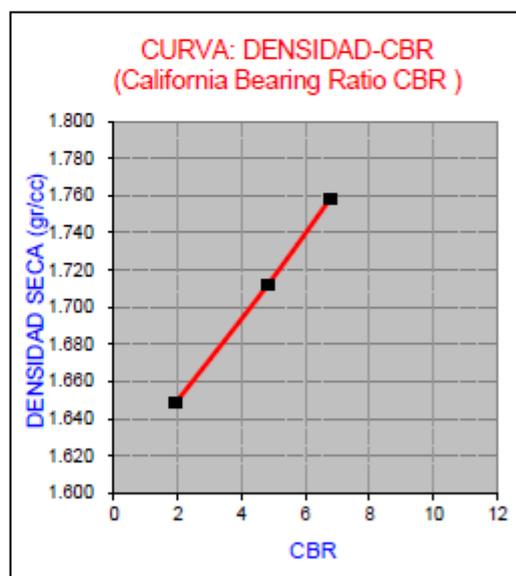
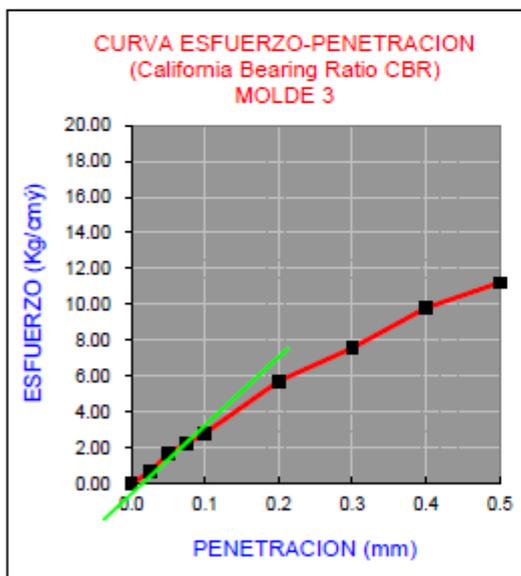
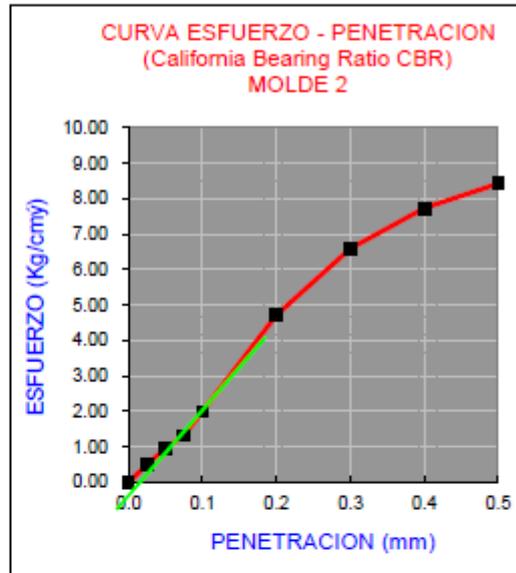
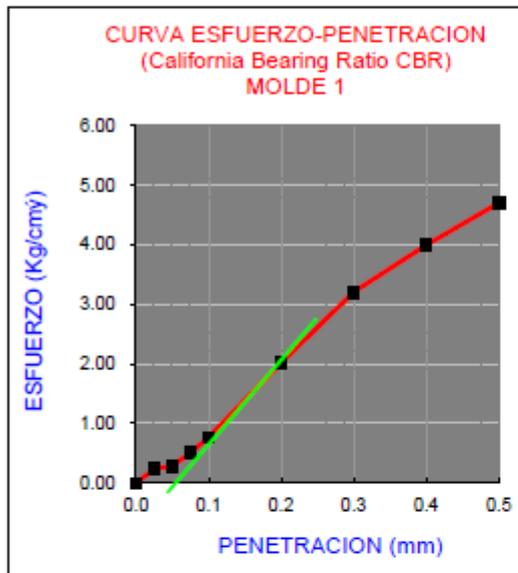
### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.386	0.386	0.33	0.260	0.260	0.22	0.130	0.130	0.11
48	2	0.201	0.201	0.17	0.127	0.127	0.11	0.078	0.078	0.07
72	3	0.082	0.082	0.07	0.087	0.087	0.07	0.020	0.020	0.02
96	4	0.023	0.023	0.02	0.019	0.019	0.02	0.003	0.003	0.00

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	4.589	0.23	9.89	0.50	12.85	0.65
1.27	0.050	5.710	0.29	18.86	0.96	32.33	1.65
1.91	0.075	9.891	0.50	26.00	1.32	44.36	2.26
2.54	0.100	15.092	0.77	39.36	2.00	55.37	2.82
5.08	0.200	39.565	2.02	92.59	4.72	112.48	5.73
7.62	0.300	62.917	3.20	129.5	6.60	148.57	7.57
10.16	0.400	78.416	3.99	151.9	7.74	192.73	9.82
12.70	0.500	92.285	4.70	165.5	8.43	220.26	11.22

**C-C1 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	1.15	2.05
MOLDE 2	2.10	5.08
MOLDE 3	3.2	7.14

MOLDE	DENS	0.1	0.2	CBR	MUESTRA : M-2
MOLDE 1	1.649	1.64	1.94	1.94	
MOLDE 2	1.712	2.99	4.82	4.82	
MOLDE 3	1.758	4.49	6.77	6.77	

(\*) Valores Corregidos

<b>C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =</b>	<b>6.59%</b>
<b>C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =</b>	<b>4.49%</b>

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

<b>PROYECTO</b>	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022	<b>DOSIFICACIÓN</b> 2% CAL + 12%CM	
<b>UBICACION</b>	C-C4 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA	<b>SUCS</b>	CL
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ	<b>MUESTRA</b> M-2	
<b>MATERIAL</b>	SUBRASANTE	<b>FECHA</b>	15/05/2022

### COMPACTACION C B R

MOLDE	1		2		3					
Altura Molde mm.	117		117		117					
N° Capas	5		5		5					
N°Golg x Capa	10		25		56					
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES				
P. Húm.+ Molde	7089.00	7131.57	8456.00	8484.99	8346.00	8384.62				
Peso Molde (gr)	3185.00	3185.00	4089.00	4089.00	3897.00	3897.00				
Peso Húmedo (gr)	3904.00	3946.57	4367.00	4395.99	4449.00	4487.62				
Vol. Molde (cc)	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57				
Densidad H.(gr/cc)	1.89	1.91	2.11	2.13	2.15	2.17				
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	
P.Húmedo + Tara	98.12	103.89	85.96	101.63	111.00	92.36	110.46	101.36	103.60	
Peso Seco + Tara	93.42	97.89	81.23	95.21	103.41	85.93	104.20	95.23	95.23	
Peso Agua (gr)	4.70	6.00	4.73	6.42	7.59	6.43	6.26	6.13	8.37	
Peso Tara (gr)	41.50	35.20	36.20	40.05	30.02	31.10	49.75	45.21	30.08	
P. Muestra Seca	51.92	62.69	45.03	55.16	73.39	54.83	54.45	50.02	65.15	
Cont. Humedad	9.05%	9.57%	10.50%	11.64%	10.34%	11.73%	11.50%	12.26%	12.85%	
Cont.Hum.Prom.	9.31%		10.50%		10.99%		11.73%		12.85%	
DENSIDAD SECA	1.727		1.727		1.903		1.903		1.923	

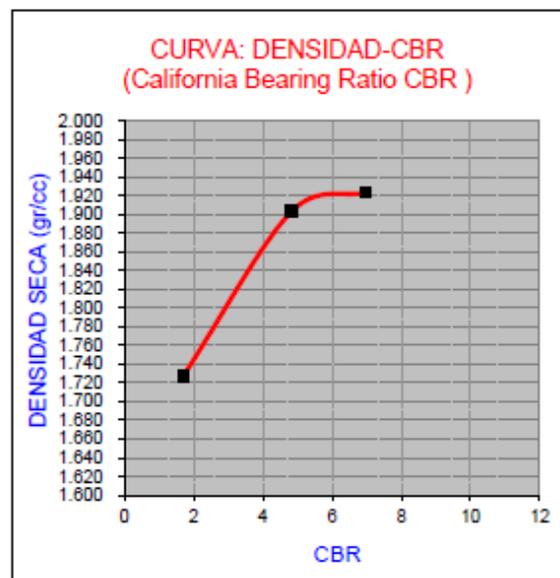
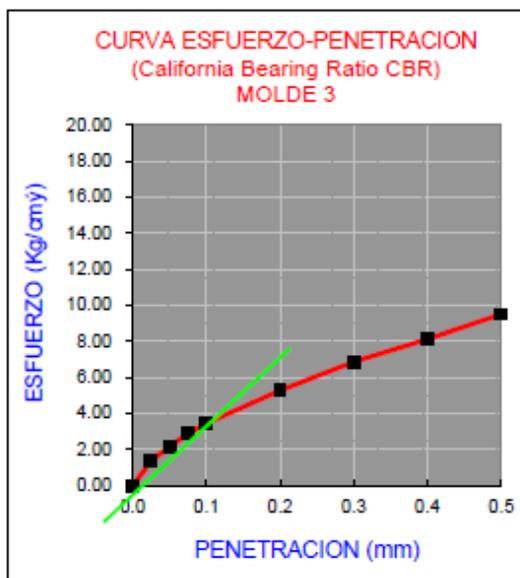
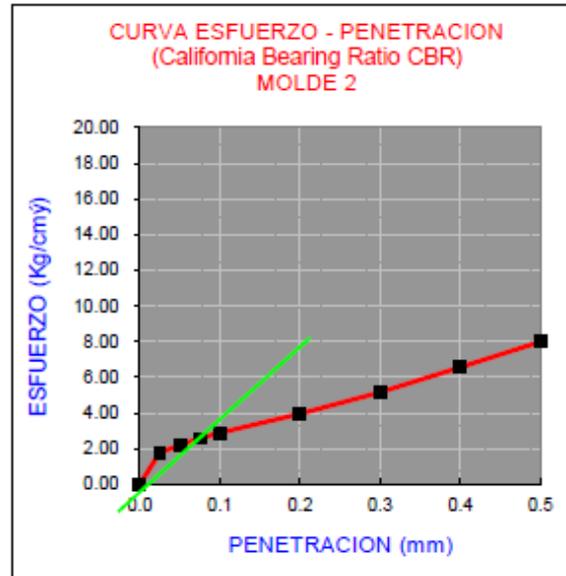
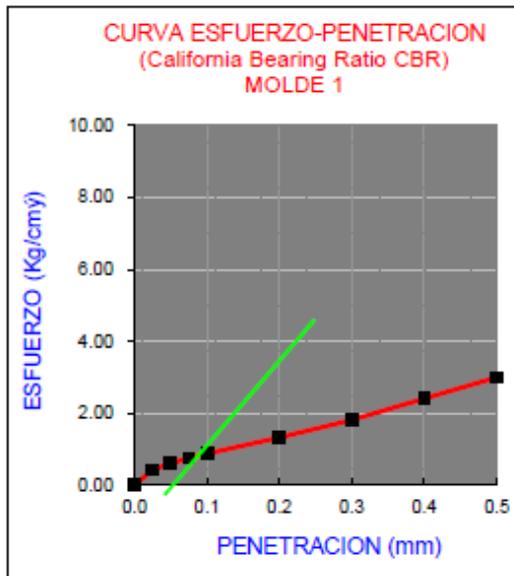
### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTUR	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	2.945	2.945	2.52	3.420	3.420	2.92	3.850	3.850	3.29
48	2	0.622	0.622	0.53	0.112	0.112	0.10	0.790	0.790	0.68
72	3	0.736	0.736	0.63	0.230	0.230	0.20	0.310	0.310	0.26
96	4	0.156	0.156	0.13	0.000	0.000	0.00	0.480	0.480	0.41

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	8.362	0.43	34.98	1.78	26.41	1.35
1.27	0.050	11.931	0.61	43.34	2.21	42.62	2.17
1.91	0.075	14.786	0.75	50.78	2.59	56.29	2.87
2.54	0.100	17.131	0.87	56.80	2.89	67.61	3.44
5.08	0.200	26.003	1.32	77.91	3.97	103.40	5.27
7.62	0.300	35.486	1.81	101.5	5.17	134.91	6.87
10.16	0.400	47.213	2.40	129.0	6.57	159.48	8.12
12.70	0.500	58.838	3.00	157.0	8.00	186.61	9.50

**C-C4 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	1.2	1.5
MOLDE 2	3.4	4.3
MOLDE 3	4.9	6.5

	DENS	0.1	0.2	CBR	C-C4 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA
MOLDE 1	1.727	1.71	1.42	1.71	
MOLDE 2	1.903	4.84	4.08	4.84	MUESTRA :
MOLDE 3	1.923	6.97	6.16	6.97	M-2

(\*) Valores Corregidos

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	10.50%
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	5.90%

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

<b>PROYECTO</b>	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022	<b>DOSIFICACIÓN</b> <b>2%CAL + 17% CM</b>	
<b>UBICACION</b>	C-C1 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA		
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ	<b>MUESTRA</b>	M-2
<b>MATERIAL</b>	SUBRASANTE	<b>FECHA</b>	15/05/2022

### COMPACTACION C B R

MOLDE	1	2	3
Altura Molde mm.	117	117	117
N° Capas	5	5	5
N°Golp x Capa	10	25	56

Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPA	DESPUES	ANTES DE EMPAPA	DESPUES	ANTES DE EMPAPA	DESPUES
P. Húm.+ Molde	7689.00	7784.00	7796.00	7949.00	8001.00	8098.00
Peso Molde (gr)	3604.00	3604.00	3623.00	3623.00	3795.00	3795.00
Peso Húmedo (gr)	4085.00	4180.00	4173.00	4326.00	4206.00	4303.00
Vol. Molde (cc)	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07
Densidad H.(gr/cc)	1.92	1.97	1.97	2.04	1.98	2.03

Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	61.80	65.22	63.12	63.67	65.02	62.69	58.32	58.33	64.12
Peso Seco + Tara	57.55	59.99	49.78	58.78	60.21	58.02	54.23	54.00	59.23
Peso Agua (gr)	4.25	5.23	3.34	4.89	4.81	4.67	4.09	4.33	4.89
Peso Tara (gr)	15.82	15.23	16.05	15.72	16.80	15.70	15.92	15.74	15.27
P. Muestra Seca	41.73	44.76	33.73	43.06	43.41	42.32	38.31	38.26	43.96
Cont. Humedad	10.18%	11.68%	9.90%	11.36%	11.08%	11.03%	10.68%	11.32%	11.12%
Cont.Hum.Prom.	10.93%	9.90%		11.22%	11.03%		11.00%	11.12%	
DENSIDAD SECA	1.734	1.791		1.767	1.835		1.785	1.905	

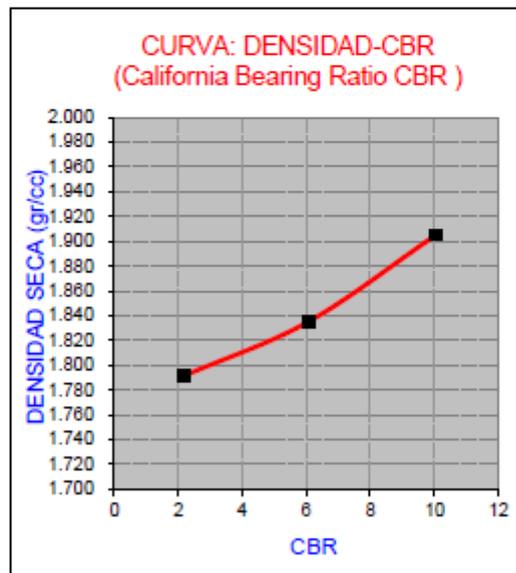
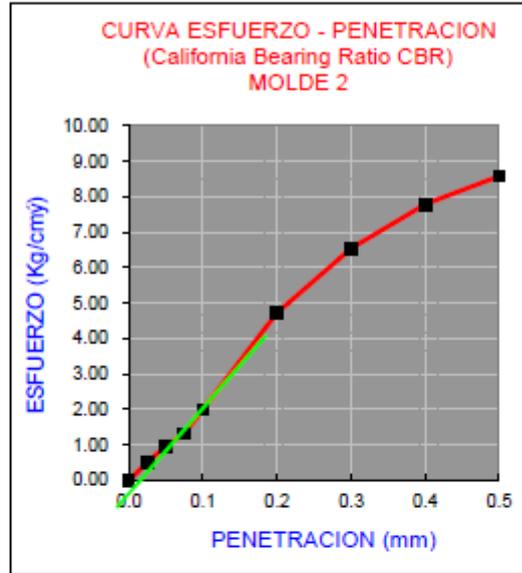
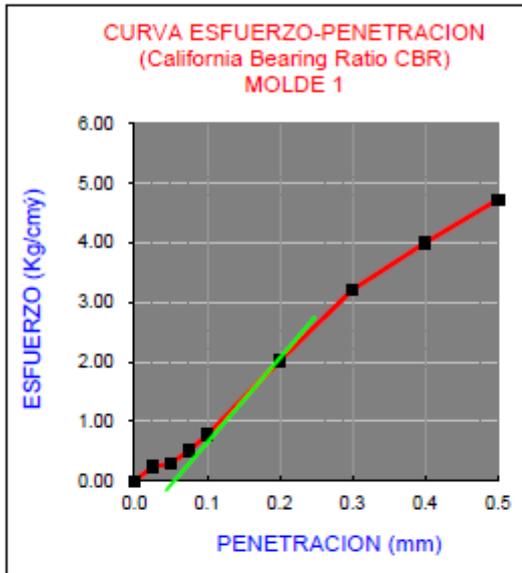
### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.387	0.387	0.33	0.280	0.280	0.24	0.140	0.140	0.12
48	2	0.202	0.202	0.17	0.129	0.129	0.11	0.080	0.080	0.07
72	3	0.084	0.084	0.07	0.089	0.089	0.08	0.022	0.022	0.02
96	4	0.026	0.026	0.02	0.020	0.020	0.02	0.004	0.004	0.00

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	4.691	0.24	9.99	0.51	13.05	0.66
1.27	0.050	5.812	0.30	18.97	0.97	32.43	1.65
1.91	0.075	9.993	0.51	26.10	1.33	44.77	2.28
2.54	0.100	15.194	0.77	39.46	2.01	55.57	2.83
5.08	0.200	39.667	2.02	92.79	4.73	112.68	5.74
7.62	0.300	63.019	3.21	128.5	6.54	148.78	7.58
10.16	0.400	78.518	4.00	153.0	7.79	195.79	9.97
12.70	0.500	92.795	4.73	168.6	8.58	224.34	11.43

**C-C1 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	1.20	2.30
MOLDE 2	2.30	6.40
MOLDE 3	4.8	10.60

	DENS	0.1	0.2	CBR	
MOLDE 1	1.791	1.71	2.18	2.18	2%CAL + 17% CM MUESTRA : M-2
MOLDE 2	1.835	3.27	6.07	6.07	
MOLDE 3	1.905	6.83	10.05	10.05	

(\*) Valores Corregidos

<b>C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =</b>	<b>18.96%</b>
<b>C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =</b>	<b>10.60%</b>

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

<b>PROYECTO</b>	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022	<b>DOSIFICACIÓN</b> 2% CAL + 17%CM	
<b>UBICACION</b>	C-C4 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA	<b>SUCS</b>	<b>CL</b>
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ	<b>MUESTRA</b>	M-2
<b>MATERIAL</b>	SUBRASANTE	<b>FECHA</b>	15/05/2022

### COMPACTACION C B R

MOLDE	1		2		3				
Altura Molde mm.	117		117		117				
N° Capas	5		5		5				
N°Golp x Capa	10		25		56				
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES			
P. Húm.+ Molde	6578.00	6554.85	8056.00	8199.77	8461.00	8569.87			
Peso Molde (gr)	2578.00	2578.00	3489.00	3489.00	3699.00	3699.00			
Peso Húmedo (gr)	3998.00	3976.85	4567.00	4710.77	4762.00	4870.87			
Vol. Molde (cc)	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57			
Densidad H.(gr/cc)	1.93	1.92	2.21	2.28	2.30	2.36			
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	98.36	102.54	86.55	100.20	113.00	95.66	111.60	100.90	106.90
Peso Seco + Tara	92.33	96.50	81.86	94.00	102.00	86.30	102.60	93.90	94.99
Peso Agua (gr)	6.03	6.04	4.69	6.20	11.00	9.36	9.00	7.00	11.91
Peso Tara (gr)	41.50	35.20	36.20	40.05	30.02	31.10	49.75	45.21	30.08
P. Muestra Seca	50.83	61.30	45.66	53.95	71.98	55.20	52.85	48.69	64.91
Cont. Humedad	11.86%	9.85%	10.27%	11.49%	15.28%	16.96%	17.03%	14.38%	18.35%
Cont.Hum.Prom.	10.86%		10.27%	13.39%		16.96%	15.70%		18.35%
DENSIDAD SECA	1.744		1.744	1.948		1.948	1.991		1.991

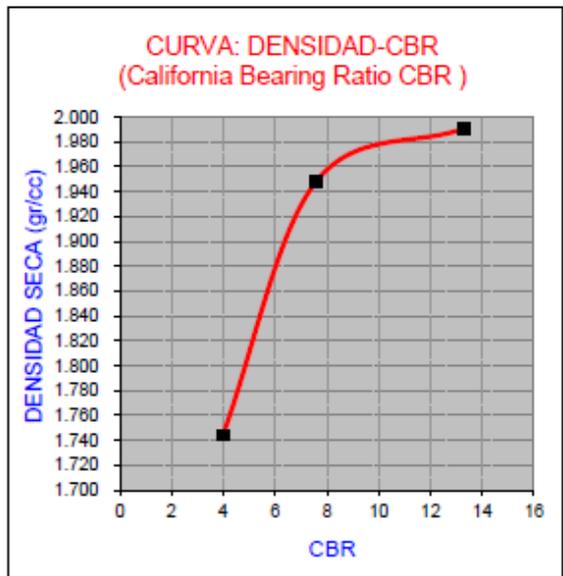
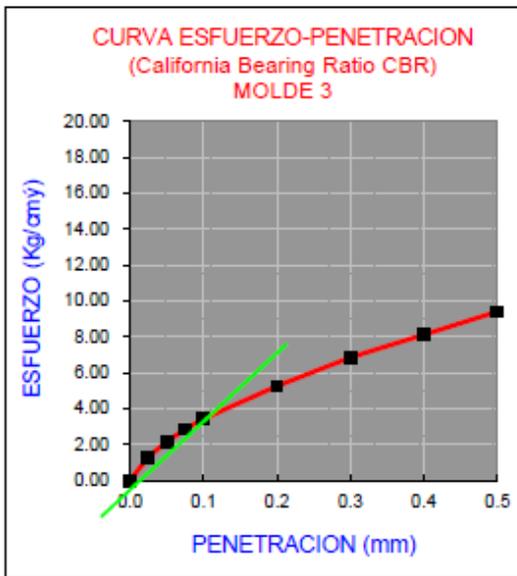
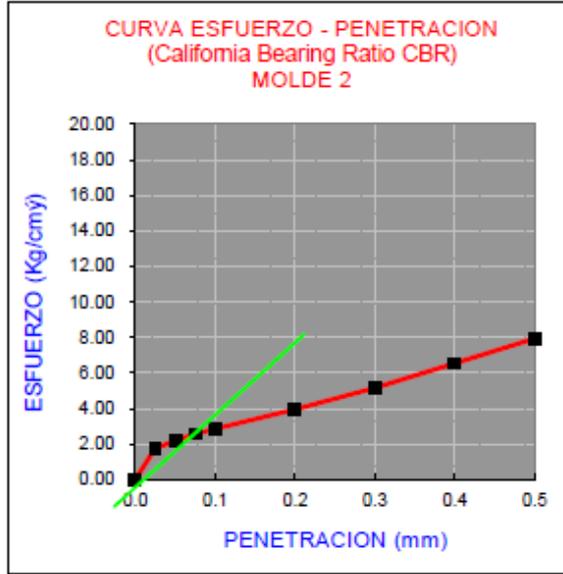
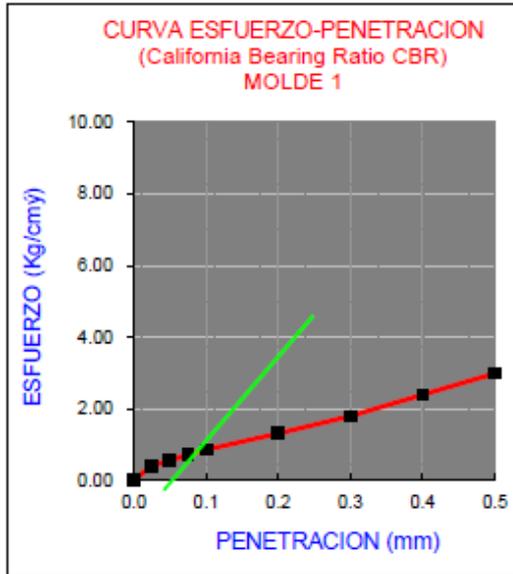
### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO	NUMERO DE MOLDE					NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
	(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTUR	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
			DEFORM	(mm)	(%)		DEFORM	(mm)		(%)	DEFORM
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	
24	1	2.910	2.910	2.49	3.400	3.400	2.91	3.830	3.830	3.27	
48	2	0.600	0.600	0.51	0.110	0.110	0.09	0.750	0.750	0.64	
72	3	0.720	0.720	0.62	0.220	0.220	0.19	0.300	0.300	0.26	
96	4	0.140	0.140	0.12	0.000	0.000	0.00	0.470	0.470	0.40	

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	8.158	0.42	34.67	1.77	26.00	1.32
1.27	0.050	10.707	0.55	43.13	2.20	42.52	2.17
1.91	0.075	14.276	0.73	50.68	2.58	56.08	2.86
2.54	0.100	16.825	0.86	56.19	2.86	67.40	3.43
5.08	0.200	25.697	1.31	77.70	3.96	103.20	5.26
7.62	0.300	35.180	1.79	101.3	5.16	134.60	6.86
10.16	0.400	46.907	2.39	128.7	6.55	159.28	8.11
12.70	0.500	58.634	2.99	156.0	7.95	184.57	9.40

**C-C4 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	2.8	2.0
MOLDE 2	4.9	8.0
MOLDE 3	8.5	14.0

	DENS	0.1	0.2	CBR	C-C4 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA MUESTRA : M-2
MOLDE 1	1.744	3.98	1.90	3.98	
MOLDE 2	1.948	6.97	7.59	7.59	
MOLDE 3	1.991	12.09	13.28	13.28	

(\*) Valores Corregidos

<b>C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =</b>	<b>18.90%</b>
<b>C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =</b>	<b>11.80%</b>

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

<b>PROYECTO</b>	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022	<b>DOSIFICACIÓN</b> <b>2%CAL + 22% CM</b>	
<b>UBICACION</b>	C-C1 M2: LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA		
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ	<b>MUESTRA</b>	M-2
<b>MATERIAL</b>	SUBRASANTE	<b>FECHA</b>	15/05/2022

### COMPACTACION C B R

MOLDE	1		2		3					
Altura Molde mm.	117		117		117					
N° Capas	5		5		5					
N°Golp x Capa	10		25		56					
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPA	DESPUES	ANTES DE EMPAPA	DESPUES	ANTES DE EMPAPA	DESPUES				
P. Húm.+ Molde	7512.00	7648.00	7621.00	7755.00	7895.00	7975.00				
Peso Molde (gr)	3685.00	3685.00	3612.00	3612.00	3995.00	3995.00				
Peso Húmedo (gr)	3827.00	3963.00	4009.00	4143.00	3900.00	3980.00				
Vol. Molde (cc)	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07	2123.07				
Densidad H.(gr/cc)	1.80	1.87	1.89	1.95	1.84	1.87				
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	
P.Húmedo + Tara	60.23	64.31	61.24	62.45	63.96	63.24	58.00	58.21	59.12	
Peso Seco + Tara	54.96	58.65	55.85	57.25	58.85	58.11	53.43	53.34	57.20	
Peso Agua (gr)	5.27	5.66	5.39	5.20	5.11	5.13	4.57	4.87	1.92	
Peso Tara (gr)	15.82	15.23	16.05	15.72	16.80	15.70	15.92	15.74	15.27	
P. Muestra Seca	39.14	43.42	39.80	41.53	42.05	42.41	37.51	37.60	41.93	
Cont. Humedad	13.46%	13.04%	13.54%	12.52%	12.15%	12.10%	12.18%	12.95%	4.58%	
Cont.Hum.Prom.	13.25%		13.54%		12.34%		12.10%		12.57%	
DENSIDAD SECA	1.592		1.644		1.681		1.741		1.632	
									1.793	

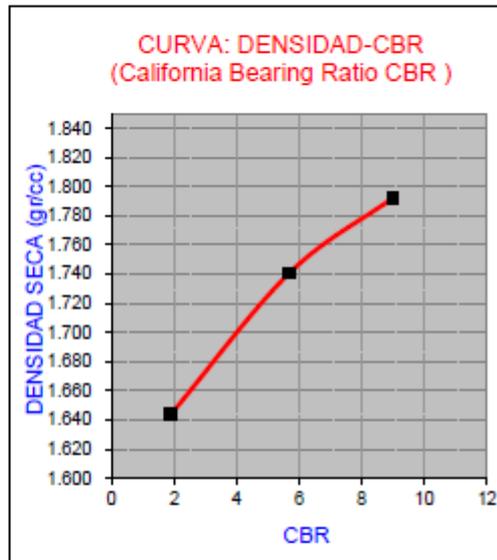
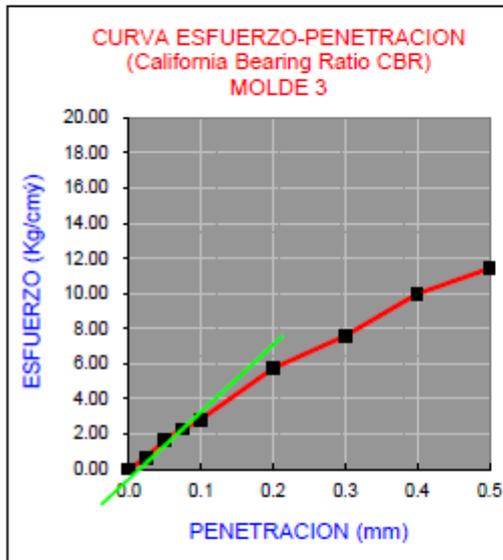
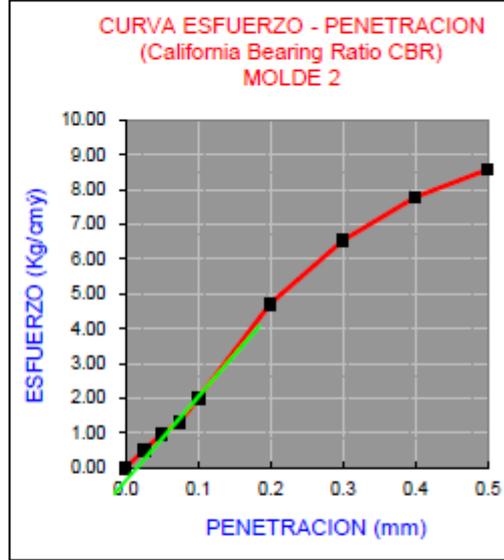
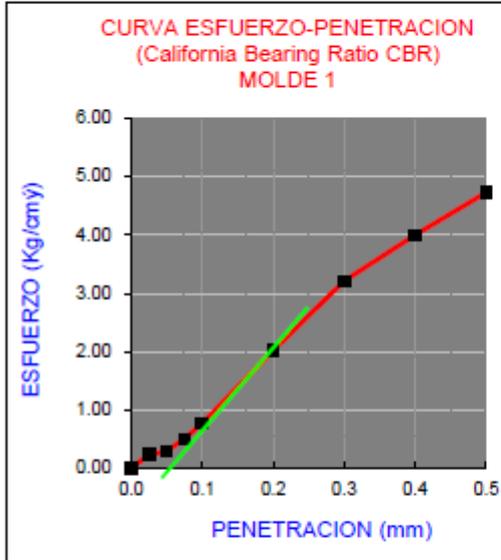
### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Dias)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.387	0.387	0.33	0.280	0.280	0.24	0.140	0.140	0.12
48	2	0.202	0.202	0.17	0.129	0.129	0.11	0.080	0.080	0.07
72	3	0.084	0.084	0.07	0.089	0.089	0.08	0.022	0.022	0.02
96	4	0.026	0.026	0.02	0.020	0.020	0.02	0.004	0.004	0.00

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	4.691	0.24	9.99	0.51	13.05	0.66
1.27	0.050	5.812	0.30	18.97	0.97	32.43	1.65
1.91	0.075	9.993	0.51	26.10	1.33	44.77	2.28
2.54	0.100	15.194	0.77	39.46	2.01	55.57	2.83
5.08	0.200	39.667	2.02	92.79	4.73	112.68	5.74
7.62	0.300	63.019	3.21	128.5	6.54	148.78	7.58
10.16	0.400	78.518	4.00	153.0	7.79	195.79	9.97
12.70	0.500	92.795	4.73	168.6	8.58	224.34	11.43

**C-C1 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	1.10	2.00
MOLDE 2	2.10	6.00
MOLDE 3	4.5	9.50

	DENS	0.1	0.2	CBR	
MOLDE 1	1.644	1.56	1.90	1.90	2%CAL + 22% CM MUESTRA : M-2
MOLDE 2	1.741	2.99	5.69	5.69	
MOLDE 3	1.793	6.40	9.01	9.01	

(\*) Valores Corregidos

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	15.22%
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	6.30%

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

<b>PROYECTO</b>	USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022	<b>DOSIFICACIÓN</b> 2% CAL + 22%CM	
<b>UBICACION</b>	C-C4 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA	<b>SUCS</b>	<b>CL</b>
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. JOEL BAUTISTA GOMEZ	<b>MUESTRAM-2</b>	
<b>MATERIAL</b>	SUBRASANTE	<b>FECHA</b>	15/05/2022

### COMPACTACION C B R

MOLDE	1		2			3			
Altura Molde mm.	117		117			117			
Nº Capas	5		5			5			
NºGolg x Capa	10		25			56			
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>			
P. Húm.+ Molde	6512.00	6586.65	8143.00	8156.08	8243.00	8280.91			
Peso Molde (gr)	2655.00	2655.00	3998.20	3998.20	3812.00	3812.00			
Peso Húmedo (gr)	3857.00	3931.65	4144.80	4157.88	4431.00	4468.91			
Vol. Molde (cc)	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57	2067.57			
Densidad H.(gr/cc)	1.87	1.90	2.00	2.01	2.14	2.16			
<b>Número de Ensayo</b>	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	97.23	101.45	87.52	101.63	112.37	93.78	110.23	105.23	107.42
Peso Seco + Tara	93.21	95.98	82.65	95.42	103.04	86.89	103.77	98.44	98.33
Peso Agua (gr)	4.02	5.47	4.87	6.21	9.33	6.89	6.46	6.79	9.09
Peso Tara (gr)	41.50	35.20	36.20	40.05	30.02	31.10	49.75	45.21	30.08
P. Muestra Seca	51.71	60.78	46.45	55.37	73.02	55.79	54.02	53.23	68.25
Cont. Humedad	7.77%	9.00%	10.48%	11.22%	12.78%	12.35%	11.96%	12.76%	13.32%
Cont.Hum.Prom.	8.39%		10.48%	12.00%		12.35%	12.36%		13.32%
<b>DENSIDAD SECA</b>	1.721		1.721	1.790		1.790	1.907		1.907

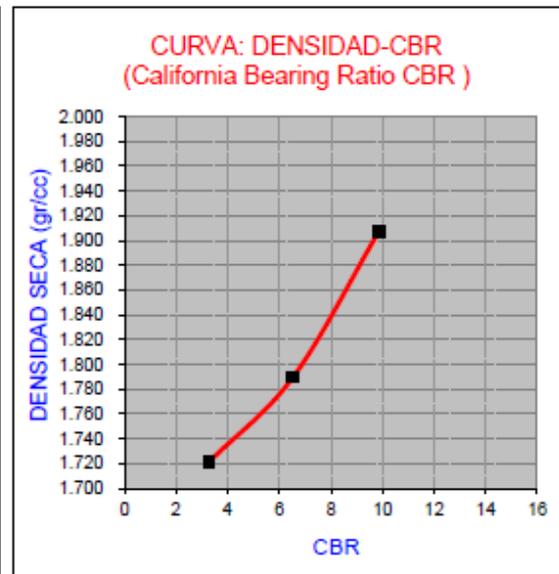
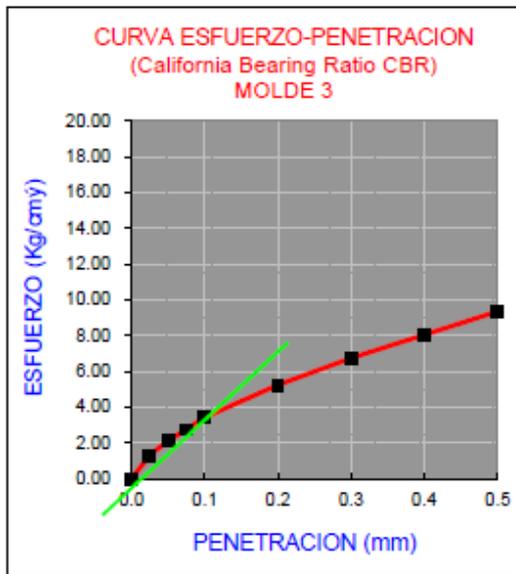
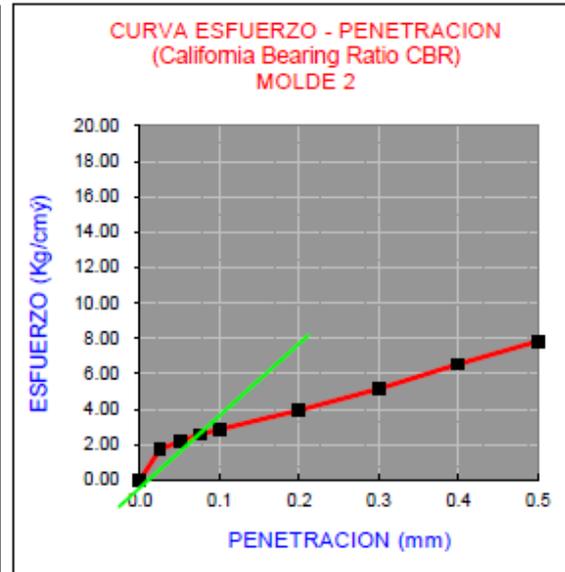
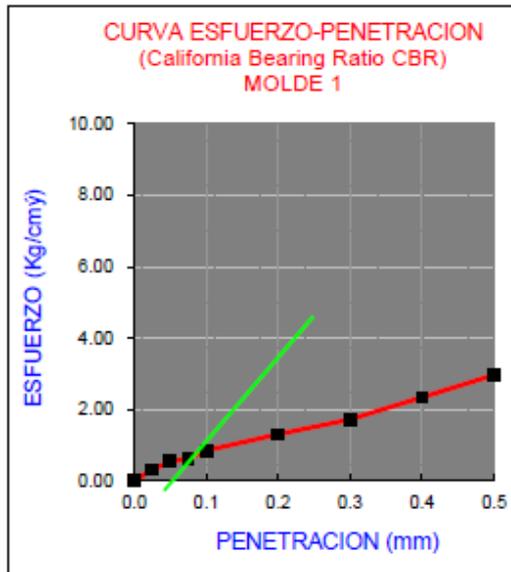
### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTUR	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)	DEFORM	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	2.900	2.900	2.48	3.340	3.340	2.85	3.840	3.840	3.28
48	2	0.580	0.580	0.50	0.100	0.100	0.09	0.730	0.730	0.62
72	3	0.700	0.700	0.60	0.200	0.200	0.17	0.280	0.280	0.24
96	4	0.120	0.120	0.10	0.002	0.002	0.00	0.450	0.450	0.38

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE Nº 01		MOLDE Nº 02		MOLDE Nº 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	6.118	0.31	33.65	1.71	25.90	1.32
1.27	0.050	10.503	0.53	42.93	2.19	42.01	2.14
1.91	0.075	12.237	0.62	50.48	2.57	54.05	2.75
2.54	0.100	16.621	0.85	56.08	2.86	67.30	3.43
5.08	0.200	25.493	1.30	77.50	3.95	102.99	5.25
7.62	0.300	33.651	1.71	101.1	5.15	132.56	6.75
10.16	0.400	45.887	2.34	128.5	6.54	158.06	8.05
12.70	0.500	58.226	2.97	154.0	7.84	183.55	9.35

**C-C4 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	2.3	1.8
MOLDE 2	4.6	6.2
MOLDE 3	6.3	10.4

(\*) Valores Corregidos

	DENS	0.1	0.2	CBR	C-C4 M2: LARAMPUQIO - ACCOCAPILLAPATA MUESTRA : M-2
MOLDE 1	1.721	3.27	1.71	3.27	
MOLDE 2	1.790	6.54	5.88	6.54	
MOLDE 3	1.907	8.96	9.86	9.86	

<b>C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =</b>	<b>13.40%</b>
<b>C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =</b>	<b>8.60%</b>

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS : "APLICACIÓN DE LA CAL HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA LARAMPUQUIO-SAN JOSE DE SAMANA, AYACUCHO, 2022"**

MUESTRA		ENSAYOS DE RESISTENCIA	
MUESTRA		Resistencia Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (MPa)
: CAL HIDRATADA (0.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA (0.0% MDS)		2.4	0.2
: CAL HIDRATADA (2.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA (12.0% MDS)		6.9	0.7
: CAL HIDRATADA (2.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA (17.0% MDS)		14.7	1.4
: CAL HIDRATADA (2.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA (22.0% MDS)		11.6	1.1
: CALICATA C-2 / KM 2+850		10.7	1.1
: CALICATA C-3 / KM 3+020		5.9	0.6
: CAL HIDRATADA (0.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA (0.0% MDS)		3.4	0.3
: CAL HIDRATADA (2.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA (12.0% MDS)		8.5	0.8
: CAL HIDRATADA (2.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA (17.0% MDS)		18.2	1.8
: CALICATA C-4 / KM 4+500		11.4	1.1



CASAGRANDE  
SUSTENTABILIDAD Y CONCRETO

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE  
SUELO METODO B  
(MTC E 1103, MTC E 1101)**

Proyecto : "APLICACIÓN DE LA CAL HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA LARAMPUQUIO- SAN JOSE DE SAMANA, AYACUCHO, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-014

Región/Pro : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : JOEL ULISES BAUTISTA GÓMEZ

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-1 / KM 0+750

Lugar : SOCOS

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

DATOS DEL MOLDEO						
PORCENTAJE DE ADITIVOS : CAL HIDRATADA (0.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA (0.0% MDS)		0.0				
MOLDE N°		1	2	3		
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	1,688	1,704	1,706		
PESO DEL MOLDE	gr	601.00	602.50	601.90		
PESO SUELO HÚM.	gr	1,086.51	1,101.83	1,103.94		
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	561.98	563.79	561.00		
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	1.93	1.95	1.97		
<b>HUMEDAD</b>	TARRO	Nro.	21	12	99	
TARRO+SUELO HÚM	gr	587.17	586.53	659.01		
TARRO+SUELO SECO	gr	536.94	532.55	588.77		
PESO DEL TARRO	gr	137.42	104.84	22.63		
% DE HUMEDAD	%	12.01	12.62	12.41		
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.73	1.74	1.75		
ENSAYO DE COMPRESION						
EDAD	días	7	7	7		
DIAMETRO PROMEDIO	mm	71.2	71.1	71.2		
ALTURA	mm	141.1	142.0	140.9		
RELACION H/D		1.98	2.00	1.98		
FACTOR DE CORRECCION		1.00	1.00	1.00		
LECTURA DE ENSAYO	kN	0.8	1.0	1.0		
RESISTENCIA FC	kg/cm <sup>2</sup>	2.0	2.7	2.4		
RESISTENCIA PROM	kg/cm <sup>2</sup>	2.4				
RESISTENCIA PROM	MPa	0.2				

KENNY HUAMAN DAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
N° 12051  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO METODO B (MTC E 1103, MTC E 1101)

Proyecto : \*APLICACIÓN DE LA CAL HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA LARAMPUQUID- SAN JOSE DE SAMANA, AYACUCHO, 2022\*

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-0-014

Región/Pro : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : JOEL ULIBES BAUTISTA GÓMEZ

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-1 / KM 0+750

Lugar : SOCOS

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

<b>DATOS DEL MOLDEO</b>										
PORCENTAJE DE ADITIVOS : CAL HIDRATADA (2.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA EN		12.0			17.0			22.0		
MOLDE Nº		1	2	3	4	5	6	7	8	9
PESO MOLDE+S. HUM.	gr	1,703	1,681	1,704	1,719	1,699	1,712	1,707	1,679	1,687
PESO DEL MOLDE	gr	601.00	602.50	601.90	600.80	602.40	601.30	600.60	601.40	602.30
PESO SUELO HUM.	gr	1,101.86	1,078.11	1,101.66	1,117.86	1,096.77	1,110.22	1,106.65	1,077.17	1,084.44
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	560.38	564.19	564.18	580.17	573.67	572.86	589.68	556.25	557.86
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	1.97	1.91	1.95	1.93	1.91	1.94	1.94	1.94	1.94
<b>HUMEDAD</b>	TARRO Nro.	14	321	458	47	185	136	441	169	19
TARRO+SUELO HUM.	gr	669.49	668.77	751.41	589.71	598.29	673.64	571.45	568.46	577.28
TARRO+SUELO SECO	gr	611.32	613.05	672.44	535.29	548.60	610.29	524.32	521.01	518.42
PESO DEL TARRO	gr	156.68	119.54	25.81	73.69	105.11	72.89	142.10	97.35	15.37
% DE HUMEDAD	%	12.79	11.29	12.21	11.79	11.20	11.79	12.33	11.20	11.70
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.74	1.72	1.74	1.72	1.72	1.73	1.73	1.74	1.74
<b>ENSAYO DE COMPRESION</b>										
EDAD	dias	7	7	7	7	7	7	7	7	7
DIAMETRO PROMEDIO	mm	71.2	71.1	71.2	72.1	72.0	72.0	71.8	71.1	70.9
ALTURA	mm	140.7	142.1	141.7	142.1	140.9	140.7	140.7	140.1	141.3
RELACION H/D		1.98	2.00	1.99	1.97	1.96	1.96	1.96	1.97	1.99
FACTOR DE CORRECCION		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LECTURA DE ENSAYO	kN	2.6	2.6	2.9	6.1	5.8	5.8	5.0	4.4	4.3
RESISTENCIA FC	kg/cm <sup>2</sup>	6.5	6.8	7.3	15.2	14.5	14.5	12.5	11.2	11.1
RESISTENCIA PROM	kg/cm <sup>2</sup>	6.9			14.7			11.6		
RESISTENCIA PROM	MPa	0.7			1.4			1.1		





**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO METODO B (MTC E 1103, MTC E 1101)**

Proyecto : "APLICACIÓN DE LA CAL HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA LARAMPUQUIO- SAN JOSÉ DE SAMANA, AYACUCHO, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-014

Región/Pro: AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : JOEL ULISES BAUTISTA GÓMEZ

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-2 / KM 2+850

Lugar : SOCOS

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

DATOS DEL MOLDEO							
PORCENTAJE DE ADITIVOS : CAL HIDRATADA (0.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA (0.0% MDS)		0.0					
MOLDE Nº		4	5	6			
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	1,720	1,717	1,709			
PESO DEL MOLDE	gr	600.80	602.40	601.30			
PESO SUELO HÚM.	gr	1,119.31	1,114.59	1,107.36			
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	574.45	576.52	576.56			
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3	1.95	1.83	1.91			
<b>HUMEDAD</b>	TARRO	Nro.	11	48	91		
TARRO+SUELO HÚM.	gr	575.65	575.03	646.09			
TARRO+SUELO SECO	gr	528.86	525.53	562.82			
PESO DEL TARRO	gr	134.72	102.78	22.19			
% DE HUMEDAD	%	11.87	11.71	11.29			
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.74	1.73	1.72			
ENSAYO DE COMPRESION							
EDAD	días	7	7	7			
DIAMETRO PROMEDIO	mm	72.1	72.0	72.0			
ALTURA	mm	140.7	141.6	142.1			
RELACION H/D		1.95	1.97	1.97			
FACTOR DE CORRECCION		1.00	1.00	1.00			
LECTURA DE ENSAYO	KN	4.2	4.2	4.5			
RESISTENCIA FC	kg/cm2	10.5	10.5	11.2			
RESISTENCIA PROM	kg/cm2	10.7					
RESISTENCIA PROM	MPa	1.1					

  
KENNY HUAMÁN GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 106133  
ÁREA GEOTECNIA Y CONCRETO



CASAGRANDE  
INSTITUTO DE CONCRETO

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE  
SUELO METODO B  
(MTC E 1103, MTC E 1101)**

Proyecto : "APLICACIÓN DE LA CAL HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA LARAMPUQUIO- SAN JOSE DE SAMANA, AYACUCHO, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-014

Región/Pro: AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : JOEL ULISES BAUTISTA GÓMEZ

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-3 / KM 3+ 020

Lugar : SOCOS

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

DATOS DEL MOLDEO							
PORCENTAJE DE ADITIVOS : CAL HIDRATADA (0.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA (0.0% MDS)		0.0					
MOLDE Nº		1	2	3			
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	1,685	1,682	1,674			
PESO DEL MOLDE	gr	601.00	602.50	601.90			
PESO SUELO HÚM.	gr	1,084.40	1,079.84	1,072.26			
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	561.56	559.42	561.83			
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	1.93	1.93	1.91			
HUMEDAD	TARRO	Nro.	41	43	171		
TARRO+SUELO HUM.	gr	564.37	563.75	633.42			
TARRO+SUELO SECO	gr	518.79	515.52	571.86			
PESO DEL TARRO	gr	132.08	100.77	21.75			
% DE HUMEDAD	%	11.79	11.63	11.19			
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.73	1.73	1.72			
ENSAYO DE COMPRESION							
EDAD	días	7	7	7			
DIAMETRO PROMEDIO	mm	71.2	71.1	71.2			
ALTURA	mm	141.0	140.9	141.1			
RELACION H/D		1.98	1.98	1.98			
FACTOR DE CORRECCION		1.00	1.00	1.00			
LECTURA DE ENSAYO	kN	2.2	2.3	2.6			
RESISTENCIA FC	kg/cm2	5.5	5.8	6.4			
RESISTENCIA PROM	kg/cm2	5.9					
RESISTENCIA PROM	MPa	0.6					

KENNY HUAMANI SAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
EN INGENIERIA DE CONCRETO  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



CASAGRANDE  
ESPESALTA Y CONCRETO

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO METODO B (MTC E 1103, MTC E 1101)**

Proyecto : "APLICACIÓN DE LA CAL HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA LARAMPUQUIO- SAN JOSE DE SAMANA, AYACUCHO, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-014

Región/Pro: AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : JOEL ULISES BAUTISTA GÓMEZ

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-4 / KM 4+500

Lugar : SOCOS

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

**DATOS DEL MOLDEO**

PORCENTAJE DE ADITIVOS : CAL HIDRATADA (0.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA (0.0% MDS)		0.0		
MOLDE Nº		1	2	3
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	1,690	1,687	1,719
PESO DEL MOLDE	gr	601.00	602.50	601.90
PESO SUELO HÚM.	gr	1,089.00	1,084.50	1,117.10
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	585.16	584.82	584.90
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	1.93	1.92	1.96
<b>HUMEDAD</b>	TARRO Nro.	154	44	52
TARRO+SUELO HÚM.	gr	553.30	552.70	621.00
TARRO+SUELO SECO	gr	514.40	511.20	551.75
PESO DEL TARRO	gr	129.49	98.79	21.33
% DE HUMEDAD	%	10.11	10.06	13.06
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.75	1.74	1.75
<b>ENSAYO DE COMPRESION</b>				
EDAD	dias	7	7	7
DIAMETRO PROMEDIO	mm	71.2	71.1	71.2
ALTURA	mm	141.9	142.3	141.9
RELACION H/D		1.99	2.00	1.99
FACTOR DE CORRECCION		1.00	1.00	1.00
LECTURA DE ENSAYO	kN	1.2	1.3	1.5
RESISTENCIA FC	kg/cm2	2.9	3.2	3.9
RESISTENCIA PROM	kg/cm2	3.4		
RESISTENCIA PROM	MPa	0.3		

KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
ÁREA GEOTECNIA Y CONCRETO



CASAGRANDE  
INGENIERIA Y ARQUITECTURA

## RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO METODO B (MTC E 1103, MTC E 1101)

Proyecto : "APLICACIÓN DE LA CAL HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA LARAMPUQUIRO- SAN JOSE DE SAMANA, AYACUCHO, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-014

Región/Pro: AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : JOEL ULISES BAUTISTA GÓMEZ

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-4 / KM 4+500

Lugar : SOCOS

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

DATOS DEL MOLDEO										
PORCENTAJE DE ADITIVOS : CAL HIDRATADA (2.0% MDS) Y CENIZA DE MADERA EN		12.0			17.0			22.0		
MOLDE Nº		1	2	3	4	5	6	7	8	9
PESO MOLDE+S. HUM.	gr	1,093	1,696	1,684	1,723	1,724	1,726	1,712	1,694	1,687
PESO DEL MOLDE	gr	601.00	602.50	601.90	600.80	602.40	601.30	600.80	601.40	602.30
PESO SUELO HUM.	gr	1,082.00	1,083.20	1,082.10	1,122.40	1,121.30	1,124.70	1,111.60	1,082.30	1,084.70
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	562.77	564.39	562.31	580.60	578.07	578.07	575.76	565.62	561.57
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	1.94	1.94	1.92	1.93	1.94	1.95	1.93	1.93	1.93
<b>HUMEDAD</b>										
TARRO	Nro.	126	35	51	349	238	125	324	116	247
TARRO+SUELO HUM.	gr	608.63	607.97	683.10	536.10	543.90	612.40	519.50	516.80	524.80
TARRO+SUELO SECO	gr	564.64	562.32	617.22	488.90	501.00	557.99	481.20	474.10	475.83
PESO DEL TARRO	gr	142.44	108.67	23.46	66.99	85.55	66.26	129.18	88.50	13.97
% DE HUMEDAD	%	10.37	10.06	11.10	11.19	10.68	11.07	10.88	11.07	10.60
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.76	1.78	1.73	1.74	1.75	1.75	1.74	1.74	1.75
ENSAYO DE COMPRESION										
EDAD	días	7	7	7	7	7	7	7	7	7
DIAMETRO PROMEDIO	mm	71.2	71.1	71.2	72.1	72.0	72.0	71.8	71.1	70.9
ALTURA	mm	141.3	142.2	141.2	142.2	142.0	142.0	142.2	142.5	142.2
RELACION H/D		1.98	2.00	1.98	1.97	1.97	1.97	1.98	2.00	2.01
FACTOR DE CORRECCION		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LECTURA DE ENSAYO	kN	3.2	3.3	3.5	7.5	7.2	7.2	4.8	4.3	4.2
RESISTENCIA FC	kg/cm <sup>2</sup>	8.1	8.4	9.0	18.7	17.9	17.9	12.1	11.1	10.9
RESISTENCIA PROM	kg/cm <sup>2</sup>	8.5			18.2			11.4		
RESISTENCIA PROM	MPa	0.8			1.8			1.1		



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

		Página 1 de 3
N° de Certificado	: 0462-MPES-C-2022	
N° de Orden de trabajo	: 0157	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k=2. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".
<b>1. SOLICITANTE</b>	<b>CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC</b>	
DIRECCIÓN	: Jr. Quinua 570 Ayacucho - Huamanga - Ayacucho	
<b>2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	<b>BALANZA</b>	
MARCA	: OHAUS	
MODELO	: PC4202E	
NÚMERO DE SERIE	: B830176178	Los resultados sólo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 4200 g	
DIVISIÓN DE ESCALA REAL (d)	: 0,01 g	
DIVISIÓN DE ESCALA DE VERIFICACIÓN (e)	: 0,1 g	
PROCEDENCIA	: CHINA	
IDENTIFICACIÓN	: BLZ-018 (*)	PESATEC PERU S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
TIPO DE INDICACIÓN	: ELECTRÓNICA	
UBICACIÓN	: LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2022-03-21	

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, según:  
Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II (PC - 011 del SNM- INDECOPI, 4ta edición abril 2010).

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Av. Condevilla 1269 - Callao



**Fecha de Emisión**  
SANDRA  
ESPERANZA JURUPE  
MELGAREJO  
2021.05.04 16:47:  
59-0500  
2022-03-28

**Autorizado por**



**Sandra Jurupe Melgarejo**  
Gerente Técnico

KENNY HUMBERTO GAMARRA  
INGENIERO EN  
MATERIALES Y CONCRETO

Aprobado: NGJC

RT08-F09 Rev 06

Elaborado: JCFA

Revisado: JMSE

Av. Condevilla 1269 Urb. El Olivar - Callao | Telef: 4848092 - 4847633 - 7444303 - 7444306 | Celular: 994080329 - 975525151  
Email: ventas@pesatec.com | Website: www.pesatec.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PESATEC PERU S.A.C

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0462-MPES-C-2022**

Página 2 de 3

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	20,8 °C	20,0 °C
Humedad Relativa	69,3 %	67,2 %

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Identificación	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL-DM	Pesas (Clase de exactitud E2)	ZT-25	LM - C - 192 - 2020

**7. OBSERVACIONES**

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta con la indicación de "CALIBRADO".

(\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento

**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Carga L1* [g]	Inicial		Final		
		Temp. (°C)		Temp. (°C)		
		20,8 °C	20,5 °C	20,8 °C	20,5 °C	
		Carga L1* 2 000,00 g		Carga L2* 4 000,00 g		
	[g]	ΔL(mg)	E(mg)	[g]	ΔL(mg)	E(mg)
1	2 000,00	9	-4	4 000,00	11	-6
2	2 000,01	10	5	4 000,00	12	-7
3	2 000,00	9	-4	4 000,00	12	-7
4	2 000,00	9	-4	4 000,00	12	-7
5	2 000,00	10	-5	4 000,00	12	-7
6	2 000,00	10	-5	4 000,00	11	-6
7	2 000,00	10	-5	4 000,00	11	-6
8	2 000,01	9	6	4 000,00	12	-7
9	2 000,00	9	-4	4 000,00	12	-7
10	2 000,00	10	-5	4 000,00	12	-7
Diferencia Máxima			11	1		
Error máximo permitido ±			200 mg	300 mg		

KENNY HUMANO GAMARRA  
INGENIERO EN METROLOGÍA  
SIST. DE PESAJE Y CONCRETO





**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**

**L-22933-016 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág. 1 de 3

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	PIE DE REY	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la comprobación de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for checking the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	INSIZE	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	1215-322	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	0921170080	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	VRN-002	
<b>Intervalo de Medición</b> <i>Measurement Range</i>	0 mm a 300 mm	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Jr. Quinoa 570	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	HUAMANGA - AYACUCHO	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 03 - 22	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 03 - 29	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>		03

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar, no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned certificates are not valid.

**Firmas Autorizadas**

Authorized Signatures

**Ing. Sergio Iván Martínez**  
Director Laboratorio de Metrología

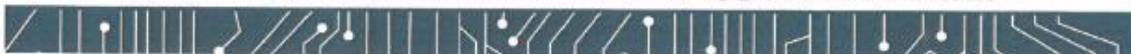
**Tecg. Jaiver Arnulfo López**  
Métrólogo Laboratorio de Metrología

UMPC-257-21 R0.0

KENNY HUAMANI CAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CÓDIGO 180033  
ÁREA GEOMETRÍA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | C/ 18 #1218-72 | PBX: 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | [inform@logpinzuar.com.co](mailto:inform@logpinzuar.com.co) | [WWW.PINZUAR.COM.CO](http://WWW.PINZUAR.COM.CO)





**L-22933-016 R0**

Page / Pág. 2 de 3

**DATOS TÉCNICOS**

<b>Tipo de Medición</b>	Exteriores e Interiores
<b>Método Empleado</b>	Comparación Directa
<b>Documento de Referencia</b>	DI - 008 del Centro Español de Metrología, Edición 1
<b>Tipo de Indicación</b>	Análogica Tipo Nonio
<b>Resolución</b>	0,02 mm
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Bloques Patrón Longitudinales de Caras Paralelas
<b>Certificado No.</b>	LMD201701 de Cidesi; 200295 de C.I.E.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Al equipo en referencia se le efectuó una inspección visual con la que se determinó que se encuentra en buen estado, las superficies de medición no presentan sobresaltos, por lo tanto, presenta una buena condición para la medición. Se procede a la realizar la toma de datos respectiva comparando la indicación del equipo con el valor nominal del bloque patrón iniciando la medición con la puesta a cero del equipo.

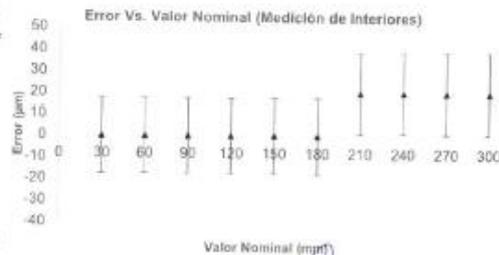
**Tabla 1. Resultados de las Superficies para Medición de Exteriores**

Valor Nominal	Promedio	Error	Incertidumbre Expandida	k (p=95,45%)
mm	mm	µm	µm	
30	30,000	0	18	2,00
60	60,000	0	18	2,00
90	90,000	0	18	2,00
120	120,000	0	18	2,00
150	150,020	20	18	2,00
180	180,020	20	18	2,00
210	210,020	20	19	2,00
240	240,020	20	19	2,00
270	270,020	20	19	2,00
300	300,040	40	19	2,00



**Tabla 2. Resultados de las Superficies para Medición de Interiores**

Valor Nominal	Promedio	Error	Incertidumbre Expandida	k (p=95,45%)
mm	mm	µm	± µm	
30	30,000	0	17	2,01
60	60,000	0	17	2,01
90	90,000	0	17	2,01
120	120,000	0	17	2,01
150	150,000	0	17	2,00
180	180,000	0	18	2,00
210	210,020	20	19	2,00
240	240,020	20	19	2,00
270	270,020	20	19	2,00
300	300,020	20	19	2,00



LM-PC-23-F-01 R8.0

**KENNY HUMANA GAMARRA**  
INGENIERO EN TIL  
C.I.E. 200295  
AREA GERENCIA Y COMERCIO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl 18 #1038 72 | Bx 57 | T 745 4555 | 317423540 | kennyhumana@pinzuaronline.com | WWW.PINZUAR.COM.CO





### CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar., las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	19,7 °C	Humedad Máxima:	55 %
Temperatura Mínima:	19,4 °C	Humedad Mínima:	54 %

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la estampilla de calibración No. **L-22933-016**

LMPC-23-F-01 R00

Fin de Certificado

KENNY HUAMANÍ GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
(2017-3000)  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #1308-72 I.P.M. 57 (1) 745-6555 3174232642 | [inform@pinzuar.com.co](mailto:inform@pinzuar.com.co) | [WWW.PINZUAR.COM.CO](http://WWW.PINZUAR.COM.CO)



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**  
Calibration Certificate - Laboratory of Force

**F-22933-011 R0**

Page / Pág. 1 de 5

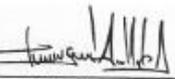
<b>Equipo</b> Instrument	MÁQUINA DIGITAL DOBLE RANGO PARA ENSAYOS DE CONCRETOS	Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.
<b>Fabricante</b> Manufacturer	PINZUAR S.A.S.	
<b>Modelo</b> Model	PC-42D	
<b>Número de Serie</b> Serial Number	284	
<b>Identificación Interna</b> Internal Identification	PDC-001	
<b>Capacidad Máxima</b> Maximum Capacity	1000 kN	Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>Solicitante</b> Customer	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC	El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.
<b>Dirección</b> Address	Jr. Quinua 570	The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.
<b>Ciudad</b> City	HUAMANGA - AYACUCHO	
<b>Fecha de Calibración</b> Date of calibration	2022 - 03 - 22	
<b>Fecha de Emisión</b> Date of issue	2022 - 03 - 29	This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> Number of pages of the certificate and documents attached	05	The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Si la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se secan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.  
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan el Certificado**  
Signatures Authorizing the Certificate

  
**Ing. Sergio Iván Martínez**  
Director Laboratorio de Metrología

  
**KENNY HUAMANI SAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
ESPECIALISTA  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

  
**Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda**  
Métrologo Laboratorio de Metrología

LW-PC-007-01 R0110

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl. 19 #1038 72 | F.BK-57 | (1) 745 4555 | (1) 74253344 | [inform@pinzuar.com.co](mailto:inform@pinzuar.com.co) | [WWW.PINZUAR.COM.CO](http://WWW.PINZUAR.COM.CO)





**DATOS TÉCNICOS**

Máquina de Ensayo Bajo Calibración		Instrumento(s) de Referencia	
<b>Clase</b>	1,0	<b>Instrumento</b>	Transductor de Fuerza de 1 MN
<b>Dirección de Carga</b>	Compresión	<b>Modelo</b>	KAL 1MN
<b>Tipo de Indicación</b>	Digital	<b>Clase</b>	0,5
<b>División de Escala</b>	0,01 kN	<b>Número de Serie</b>	HV325-911250
<b>Resolución</b>	0,01 kN	<b>Certificado de Calibración</b>	5047 del INM
<b>Intervalo de Medición</b>	Del 20 % al 100 % de la carga máxima.	<b>Próxima Calibración</b>	2023-02-03
<b>Limite Inferior de la Escala</b>	2 kN		

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

Tabla 1.

Indicaciones como se recibió y se entregó la máquina después de ajuste

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie						Promedio S <sub>1,2 y 3</sub> kN
	S <sub>1</sub> Ascendente kN	S <sub>2</sub> Ascendente kN	S <sub>2</sub> ' No Aplica ---	S <sub>3</sub> Ascendente kN	S <sub>4</sub> No Aplica ---		
10	100,00	100,81	101,01	---	100,71	---	100,84
20	200,00	201,76	201,26	---	201,86	---	201,63
30	300,00	301,79	302,39	---	302,39	---	302,19
40	400,00	402,31	402,51	---	402,31	---	402,38
50	500,00	503,02	503,53	---	503,53	---	503,36
60	600,00	603,93	603,33	---	603,63	---	603,63
70	700,00	703,92	704,12	---	704,02	---	704,02
80	800,00	804,42	804,82	---	804,82	---	804,68
90	900,00	905,21	904,91	---	905,41	---	905,18
100	1 000,00	1 005,3	1 005,5	---	1 005,4	---	1 005,4

LM-PC-05-F-01 R12.0

  
KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP 1574933  
AREA GERENCIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

laboratorio de Metrología | Cl. 18 # 1039-72 | Prx. 87 (3) 745-4555 | 3174233541 | admin@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 2.**

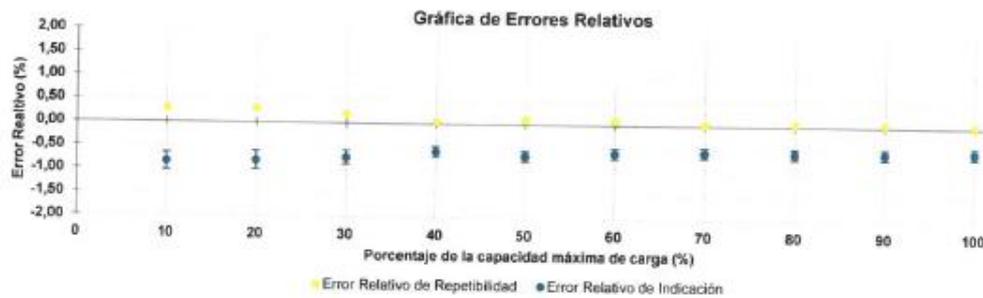
Error realtivo de cero,  $f_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

$f_{0,S1}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S3}$ %	$f_{0,S4}$ %
0,000	0,000	---	0,000	---

**Tabla 3.**

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC %	kN	Errores Relativos			Resolución Relativa a %	Incertidumbre Expandida U		$k_{p=95\%}$ ---
		Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %		kN	%	
10	100,00	-0,84	0,30	---	0,010	0,19	0,19	2,01
20	200,00	-0,81	0,30	---	0,005	0,39	0,20	2,01
30	300,00	-0,73	0,20	---	0,003	0,44	0,15	2,01
40	400,00	-0,59	0,06	---	0,003	0,44	0,11	2,01
50	500,00	-0,67	0,10	---	0,002	0,55	0,11	2,01
60	600,00	-0,60	0,10	---	0,002	0,66	0,11	2,01
70	700,00	-0,57	0,03	---	0,001	0,77	0,11	2,01
80	800,00	-0,58	0,05	---	0,001	0,88	0,11	2,01
90	900,00	-0,57	0,06	---	0,001	0,99	0,11	2,01
100	1 000,0	-0,54	0,02	---	0,001	1,1	0,11	2,01



**CONDICIONES AMBIENTALES**

Temperatura Ambiente Máxima: 19,4 °C  
Humedad Relativa Máxima: 46 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 19,1 °C  
Humedad Relativa Mínima: 45 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.0

KENNY HUAMAN GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CP # 110001  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl 15 #1038 72 | PBX 57 111 745 4555 | 3174233547 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.ORG.CO





**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN** Continuación...

**Tabla 4.**

Coefficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R<sup>2</sup>, el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	---	R <sup>2</sup>
2,93500 E-01	1,00636 E00	-1,25233 E-06	8,06138 E-11		1,0000 E00

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

**Tabla 5.**

Valores calculados en función de la fuerza aplicada

Indicación kN	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00
100,00	100,92	110,98	121,04	131,10	141,16
150,00	151,22	161,28	171,34	181,40	191,46
200,00	201,52	211,57	221,63	231,69	241,75
250,00	251,81	261,86	271,92	281,98	292,03
300,00	302,09	312,15	322,20	332,26	342,31
350,00	352,37	362,42	372,48	382,53	392,59
400,00	402,64	412,70	422,75	432,80	442,86
450,00	452,91	462,96	473,01	483,07	493,12
500,00	503,17	513,22	523,27	533,32	543,38
550,00	553,43	563,48	573,53	583,58	593,63
600,00	603,68	613,73	623,77	633,82	643,87
650,00	653,92	663,97	674,02	684,06	694,11
700,00	704,16	714,21	724,25	734,30	744,35
750,00	754,39	764,44	774,48	784,53	794,58
800,00	804,62	814,67	824,71	834,76	844,80
850,00	854,84	864,89	874,93	884,98	895,02
900,00	905,06	915,10	925,15	935,19	945,23
950,00	955,27	965,32	975,36	985,40	995,44
1 000,00	1 005,5				

**Tabla 6.**

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
100,00	100,84	100,92	0,07
200,00	201,63	201,52	- 0,11
300,00	302,19	302,09	- 0,10
400,00	402,38	402,64	0,26
500,00	503,36	503,17	- 0,19
600,00	603,63	603,68	0,05
700,00	704,02	704,16	0,14
800,00	804,68	804,62	- 0,06
900,00	905,18	905,06	- 0,12
1 000,00	1 005,4	1 005,5	0,08

KENNY HUMBERTO CAMARRAH  
INGENIERO CIVIL  
CÓDIGO PROFESIONAL  
ÁREA GEOTECNIA Y CONCRETO

LM-PC-05-F-01 R12.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl. 15 #101B-72 | Pk. 57-03 745-4555 | 3174913361 | obreros@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





#### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (Tabla No.3), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k = 2,013$  y la probabilidad de cobertura, la cual es del 95,45%, con una distribución "t-student". La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement, First Edition, September 2008.

#### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la Calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



#### CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1; Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

\*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

#### OBSERVACIONES

1. Se emplea la coma (,) como separador decimal.
2. En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. NTC-ISO 7500-1:2007
3. Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-22933-011

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R12.0

KENNY HUMANO GAMARRA  
PRESIDENTE EJECUTIVO  
C. P. 1300211  
ÁREA GERENCIAL Y COMERCIO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 15 #1038-72 | FRENTE 87 (1) 745 8555 | 317425354211 | email: k.gamarr@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO

## **Anexo 6. Normativa empleada en la investigación**

**NORMA TÉCNICA**

**CE. 010**

**PAVIMENTOS URBANOS**



Difundido por: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia  
[www.construccion.org](http://www.construccion.org) / [icg@icgmail.org](mailto:icg@icgmail.org)

## Anexo 8. Panel fotográfico



Figura 1. Calicata 1 en la progresiva 0+750



Figura 2. Calicata 1 en la progresiva 2+850



Figura 3. Calicata 3 en la progresiva 3+020



Figura 4. Calicata 4 en la progresiva 4+500



Figura 5. Ensayo de CBR a las muestras de la CC-1



Figura 6. Ensayo de CBR a las muestras de la CC-4



Figura 7. Ensayo de Proctor modificado a las muestras de la CC-1



Figura 8. Ensayo de Proctor modificado a las muestras de la CC-4



Figura 9. Ensayos de límites de atterberg



Figura 10. Adecuación de la muestra para determinar el límite líquido



Figura 11. Secado en horno de las muestras



Figura 12. Incorporación de cal hidratada y ceniza de madera a las muestras



*Figura 13.* Preparación de muestra para el ensayo de CBR, muestra alterada



*Figura 14.* Ensayo de CBR a muestra alterada con 2% cal hidrata + 17% de ceniza de madera

<b>JJM GEOINGENIERIA E.I.R.L</b> MZA. R.LOTE. 21 URB. JOSE ORTIZ VERGARA (PASANDO PUENTE PEATONAL A LA DERECHA) AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO		<b>BOLETA DE VENTA ELECTRONICA</b> <b>RUC: 20495170331</b> <b>EB01-2</b>				
Fecha de Vencimiento :						
Fecha de Emisión :	08/07/2022					
Señor(es) :	JOEL ULISES BAUTISTA GOMEZ					
DNI :	71200059					
Tipo de Moneda :	SOLES					
Observación :						
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	SERVICIO DE ANALISIS DE MUESTRAS DE SUELO PARA LA TESIS UNIVERSITARIA: USO DE CAL VIVA HIDRATADA CON CENIZA DE MADERA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, CARRETERA LARAMPUQUIO - ACCOCAPILLAPATA, AYACUCHO 2022	2000.00	0.00	2,360.00	0.00
Otros Cargos :						S/ 0.00
Otros Tributos :						S/0.00
ICBPER :						S/ 0.00
Importe Total :						S/2,360.00
<b>SON: DOS MIL TRESCIENTOS SESENTA Y 00/100 SOLES</b>						
(*) Sin impuestos.						
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.						
Op. Gravada :						S/ 2,000.00
Op. Exonerada :						S/ 0.00
Op. Inafecta :						S/ 0.00
ISC :						S/ 0.00
IGV :						S/ 360.00
ICBPER :						S/ 0.00
Otros Cargos :						S/ 0.00
Otros Tributos :						S/ 0.00
Monto de Redondeo :						S/ 0.00
<b>Importe Total :</b>						<b>S/ 2,360.00</b>
<small>Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: <a href="http://www.sunat.gob.pe">www.sunat.gob.pe</a>, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.</small>						

Figura 15. boleta de ensayos de laboratorio