



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Mejoramiento del suelo de fundación con adición de cal en la  
infraestructura vial Puerto Ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca,  
2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Fernández Dávila, David (ORCID: 0000-0002-2451-6664)

Manosalva Lozada, Marco Antonio (ORCID: 0000-0001-8464-1275)

**ASESOR:**

Mgtr. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo (ORCID: 0000-0003-0254-301X )

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura vial

LIMA– PERÚ

2022

## DEDICATORIA

Este trabajo que hemos realizado con mucho empeño durante seis meses de duración del curso de elaboración de tesis está dedicado a la institución universidad Cesar Vallejo por brindarnos la oportunidad y acogernos en sus aulas así completar una etapa más de aprendizaje, a los ingenieros que día a día nos inculcaron a seguir adelante a pesar de lo fuerte que es esta etapa.

A nuestros padres gracias a ellos por darnos la vida y brindarnos el apoyo incondicional, los consejos y las enseñanzas de cómo se debe de afrontar la vida ya que día a día es más dura y difícil, gracias a todos los amigos que estuvieron ahí para darnos una mano de amistad y de esperanza ya que sin la ayuda de todos ellos sería difícil lograr culminar esta etapa más de aprendizaje. Muchas Gracias.

*Fernández Dávila David*

*Manosalva Lozada Marco Antonio*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios por darnos la vida, también agradecer a nuestros padres, nuestros hermanos y de forma especial a los docentes ingenieros de la universidad Cesar Vallejo que no han brindado el apoyo y las herramientas en esta etapa de manera incondicional. Los consejos de motivación fueron de gran apoyo para culminar una etapa más de desarrollo de este proyecto de elaboración de tesis, sus orientaciones nos han servido de motivación para seguir aprendiendo, adquiriendo conocimientos y aplicarlos en la posterior vida profesional, los docentes y la escuela profesional de ingeniería civil fueron ellos los impulsores de este gran logro que ahora se está volviendo realidad en seis meses de clases a pesar de estos dos años de pandemia en donde cada día que pasa es un día más de lucha y cuidados, esta pandemia nos está enseñando lo importante de la comunicación con los seres queridos y de las personas que siempre están ahí para darnos una mano para seguir. A todos los que tuvieron que dar un grano de arena para el desarrollo de esta tesis docentes universidad y laboratorio donde se realizaron los estudios muchas gracias este agradecimiento queda corto en palabras para desearles mis más sinceros agradecimientos gracias.

*Los autores Fernández Dávila David y Manosalva Lozada Marco Antonio.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ix</b>
<b>I.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II.- MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
<b>III.- METODOLOGÍA</b>	<b>12</b>
<b>3.1. Tipo y diseño de investigación :</b>	<b>12</b>
<b>3.2. Variables y Operacionalización:</b>	<b>13</b>
<b>3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:</b>	<b>13</b>
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</b>	<b>14</b>
<b>3.5. Procedimientos:</b>	<b>15</b>
<b>3.6. Método de análisis de datos:</b>	<b>16</b>
<b>3.7. Aspectos éticos:</b>	<b>16</b>
<b>IV.- RESULTADOS</b>	<b>19</b>
<b>V.- DISCUSIÓN</b>	<b>24</b>
<b>VI.- CONCLUSIONES</b>	<b>27</b>
<b>VII.- RECOMENDACIONES</b>	<b>29</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>31</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>33</b>
<b>ANEXO 1: Declaratoria de autenticidad (autores)</b>	<b>33</b>

<b>ANEXO 2: Declaratoria de autenticidad (asesor)</b>	<b>34</b>
<b>ANEXO 3: Matriz de operacionalización de variables</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO 4: Instrumento de recolección de datos</b>	<b>37</b>

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Mejoramiento del suelo de fundación con diferentes porcentajes de cal.....	19
<b>Tabla 2.</b> Análisis granulométrico de las muestras.....	20
<b>Tabla 3.</b> Capacidad resistente CBR adecuada con diferentes porcentajes de cal.....	21
<b>Tabla 4.</b> Plasticidad adecuada del suelo con diferentes porcentajes de cal.....	22
<b>Tabla 5.</b> Adecuado contenido de humedad con los diferentes porcentajes de cal.....	23

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafico 1.</b> Índice de plasticidad con el adecuado contenido de cal. Fuente propia.....	22
--	----

## ÍNDICE DE IMÁGENES.

<b>Imagen 1.</b> Mejoramiento de la capacidad resistente CBR del suelo de fundación. Fuente. Assis A. 1998.....	37
<b>Imagen 2.</b> Mejoramiento de la capacidad resistente CBR del suelo de fundación. Fuente. Assis A. 1998.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Imagen 3</b> Mejoramiento de la plasticidad del suelo de fundación. Fuente: Principes of Geotechnical Engineering Braja M. Das, 1998.....	38
<b>Imagen 4.</b> Excavación de calicata. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 5.</b> Muestras de suelo. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 6.</b> Muestra de suelo natural. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 7.</b> Tamizado de muestra. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 8.</b> Ensayo de proctor modificado. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 9.</b> Pesado de cal para CBR. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 10.</b> Secado de muestras al horno. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 11.</b> Ensayo de penetración CBR. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 12.</b> Ensayo de límites de consistencia. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 13.</b> ensayo en copa de casa grande. Fuente: elaboración propia.....	38

<b>Imagen14.</b> Límites de consistencia resultados 0% de cal. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 15.</b> Resultados de CBR al 4% de cal. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 16.</b> Contenido de humedad al 0% de cal. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 17.</b> Resultados de densidades máximas al 0% de cal. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 18.</b> resultados CBR al 0% de cal. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 19.</b> Límites de consistencia al 2% de cal. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 20.</b> Contenido de humedad al 2% de cal. Fuente: elaboración propia.....	38
<b>Imagen 21.</b> Límites de consistencia al 4% de cal. Fuente: elaboración propia.....	38

## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es: Determinar el mejoramiento del suelo de fundación con diferentes porcentajes de adición de cal en la infraestructura vial Puerto Ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. La metodología de este proyecto de investigación es aplicada, el diseño es experimental puro, con un enfoque de carácter cuantitativo. La población para este proyecto de investigación son los 6 km de la vía de comunicación de puerto ciruelo hasta el distrito Huarango, la muestra será de una distancia de 50 metros cuadrados de la vía, el muestreo será por conveniencia, la unidad de análisis será de una 1 sección de la vía en la infraestructura vial.

En el mejoramiento del suelo de fundación con diferentes porcentajes de adición de cal en la infraestructura vial Puerto Ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021, se ha encontrado en los estudios de laboratorio realizados la adecuada capacidad resistente CBR que es de 15.35%, con un 16% de cal, un índice de plasticidad de 5.80% y un contenido de humedad de 27.14%, este estudio es de importancia para mejorar el comportamiento del material con un valor natural CBR de 3.54 que es un valor muy bajo para ser usada como suelo de fundación teniendo como cantidad de agua de 21.33% y un comportamiento plástico de 27.75%.

Palabras clave: mejoramiento, suelo, fundación, porcentajes, CBR ,plasticidad, contenido de humedad, estudios, vial, cal, capacidad, resistente.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research is: To determine the improvement of the foundation soil with different percentages of lime addition in the Puerto Ciruelo road infrastructure, Huarango district, Cajamarca, 2021. The methodology of this research project is applied, the design is pure experimental, with a quantitative approach. The population for this research project is the 6 km on the communication road from Puerto Ciruelo to the Huarango district, the sample will be from a distance of 50 square meters from the road, the sampling will be for convenience, the unit of analysis will be a 1 section of the road in the road infrastructure.

In the improvement of the foundation soil with different percentages of lime addition in the Puerto Ciruelo road infrastructure, Huarango district, Cajamarca, 2021, the adequate CBR resistant capacity has been found in the laboratory studies carried out, which is 15.35%, with 16% lime, a plasticity index of 5.80% and a moisture content of 27.14%, this study is important to improve the behavior of the material with a natural CBR value of 3.54, which is a very low value to be used as foundation soil having a quantity of water of 21.33% and a plastic behavior of 27.75%.

**Keywords :** improvement, soil, foundation, percentages, CBR, plasticity, moisture content, studies, vial, lime, capacity, resistant.

## I.- INTRODUCCIÓN

En muchos países del mundo se han realizado estudios de los suelos, estos se han realizado con el objetivo de mejorar el comportamiento del material mediante el uso de productos elaborados como la cal, en estos estudios que se han realizado se ha descubierto que los terrenos mejorados con productos cementantes se obtenían buenos resultados, también se probó con diferentes productos encontrando que estos no daban mejoras de consideración en los terrenos, se concluyó que con el uso de cal se obtenía mejores resultados, hacía que el terreno se volviera más adecuado para utilizarlo, también se demostró que este método es más rápido y más económico Parra (2018). Los proyectos de mejoramientos de infraestructura vial sufrían deterioros hundimientos y desgaste con el paso del tiempo, se deterioraban a causa de los agentes atmosféricos producto de las lluvias y los malos estudios de los suelos de fundación frente a este escenario era necesario adoptar métodos más eficaces y procesos que permitan la conservación de las carreteras aumentar el tiempo de servicio disminuyendo los costos de mantenimiento

En nuestro país se han realizado estudios para la obtención de un porcentaje adecuado de cal que se debería adicionar al material de fundación, tales porcentajes dependen de los estudios de laboratorio que se van a realizar, estos han mostrado mejoras en el comportamiento a la resistencia del suelo, el contenido de agua y mejoras en la plasticidad del material, los estudios se realizaron con el objetivo de encontrar la resistencia adecuada CBR, el adecuado contenido de humedad y mejorar la plasticidad, estos están enfocados a determinar los procedimientos del mejoramiento de un suelo cohesivo con la aplicación de cal en diferentes tipos de porcentajes de acuerdo a sus pesos de las muestras y encontrar el adecuado contenido de cal para asegurar el funcionamiento de la capacidad de soporte del suelo estos ensayos se han realizado en el laboratorio y dar respuesta a las preguntas que están planteadas Moale y Rivera (2019).

Nuestro distrito de Huarango perteneciente a la provincia de San Ignacio la cual se ubica en el departamento de Cajamarca, es un distrito lluvioso con suelos

inestables, producto de las frecuentes lluvias sus carreteras están en malas condiciones los pobladores se ven afectados para viajar y llevar sus productos a comercializar de manera rápida, donde aún no se han realizado ningún tipo de estudios de suelos para las carreteras vecinales con tratamientos de cal, por ello la importancia de esta tesis de investigación que nos permitirá conocer un poco más del comportamiento del suelo de fundación donde se va a realizar mejoramientos en los afirmados y dar un aporte técnico a la sociedad esto nos ha motivado a.

Formularse la siguiente pregunta: ¿cuál es el Mejoramiento del suelo de fundación con diferentes porcentajes de adición de cal en la infraestructura vial Puerto Ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021? Y los problemas secundarios: ¿Qué capacidad resistente CBR adecuada se obtiene con diferentes porcentajes de adición de cal para mejorar el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021? ¿Cuál es el adecuado porcentaje de adición de cal para mejorar el índice de plasticidad en el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021? ¿Cuál es el adecuado contenido de humedad con diferentes porcentajes de adición de cal para mejorar el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021?

El presente trabajo de investigación tiene una justificación teórica nos ayudara a adquirir nuevos saberes comprender y a entender los procesos que se realizan para demostrar y llegar a las respuestas de las preguntas que se planteado, también profundizaremos más en adquirir nuevos conocimientos de la ingeniería vial que es la base principal de los estudios que se realizaran en una carretera esta es una rama muy importante de la ingeniería, de ella depende mucho la vida útil de una infraestructura y tomar en cuenta más el suelo donde se va a colocar una estructura vial.

Asimismo, justificación por convivencia ya que la población que vive en el lugar y de los más pueblos que tienen influencia directa por esta carretera y muchas veces el por el mal estado de la carretera en temporadas de lluvias produce asentamiento en la carretera y esto afecta su libre desplazamiento por ello produce un incremento tiempo al movílcese de un lugar a la ciudad ya que muchas veces la realizan a pie.

También tiene justificación social debido a las necesidades de muchas localidades que viven cerca y muchos pobladores no pueden llevar sus productos de manera rápida ni tampoco viajar en caso se emergencias por el mal estado de la vía de comunicación, por ello este tema de investigación que tiene como objetivos encontrar soluciones y proponerlos para que sean aplicados por las diferentes instituciones y municipalidades en el bien común de los pueblos que también somos usuarios.

El objetivo principal de esta investigación es: Determinar el mejoramiento del suelo de fundación con diferentes porcentajes de adición de cal en la infraestructura vial Puerto Ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. Y los objetivos específicos son: Determinar la capacidad resistente CBR adecuada con diferentes porcentajes de adición de cal para mejorar el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. Determinar el adecuado porcentaje de adición de cal para mejorar el índice de plasticidad el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. Determinar el adecuado contenido de humedad con diferentes porcentajes de adición de cal para mejorar el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021.

La hipótesis principal de esta investigación: aplicando los porcentajes de adición de cal se mejoraría de manera moderada el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. Y las hipótesis específicas son: La capacidad resistente CBR adecuada con adición de cal se incrementaría de manera moderada en el suelo de fundación de la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. Un adecuado porcentaje de adición de cal mejoraría de manera moderada los índices de plasticidad en el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. Un adecuado contenido de humedad con los diferentes porcentajes de adición de cal mejoraría de manera moderada el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021.

## II.- MARCO TEÓRICO

Parra (2018) en un proyecto de investigación para su título en ingeniería civil en la Universidad católica de Colombia: *“mejoramiento de un terreno arcilloso con la aplicación de cal y con cenizas de volcanes”*. Con el propósito de comparar dos productos diferentes para un mismo tipo de suelo agregándole en cantidades diferentes a las muestras y encontrar la cantidad adecuada de estabilizante y la que mejor se comporta, estos estudios fueron realizados por medio de ensayos realizados en el laboratorio estos fueron aplicados tanto para la medición de la resistencia a la tracción y compresión. La metodología es a través la realización de recopilación de datos procesamiento y comparación de datos.

Llegando a las conclusiones con los ensayos de laboratorio realizados de tracción y compresión se podía plantear comparaciones con los dos tipos de materiales estabilizadores, lo que concluyo que con los diferentes porcentajes de cal es notorio el aumento de la resistencia.

También se corrobora que la cal tiene un buen comportamiento mecánico cuando se adiciono el 8% lo que concluye que la cal aporta una mayor resistencia mejorando su comportamiento.

Altamirano y Díaz (2015) en su proyecto de investigación para obtener su título en ingeniería civil en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua: *“mejoramiento de los terrenos arcillosos con el uso de la cal en las calles de la localidad de San Isidro del Pegón”*. Con el fin de mejorar las características y el comportamiento de los terrenos plásticos ubicados en muchos lugares circundante a la región, en tales vías de comunicación aun no contaban con ningún tipo de tratamiento ni mejoramiento tanto de concreto hidráulico, asfalto. Aplicando la metodología recopilación de datos procesamiento y comparación.

Concluyendo que mediante los diferentes ensayos realizados se determinó que con un 9 % de cal aplicada a las muestras se mejoraban las propiedades del terreno de

manera muy buena, también se determinó que la expansión y el hinchamiento se redujeron en un 61% aplicando la cantidad de cal necesaria.

También se ha visto una mejora considerable de las propiedades de la subrazante, ya que este tipo de proyectos se necesita estudios detallados que generen aportes técnicos para un adecuado diseño de las estructuras que se van a construir sobre ellas.

Bauza (2003) experto en las zonas portuarias, carreteras y canalización en su proyecto de investigación que desarrollo en España: "*consolidación de terrenos con la aplicación de cal*" con la intención de mejorar los terrenos con la aplicación de cal cuando se comportan de manera plástica, en sus estudios nos dice que no es lo mismo mejorar el suelo que estabilizarlo, por ello se tiene que diferenciar los procesos que se apliquen al diseño, ejecución y control de tratamiento del suelo. Aplicando una la metodología recopilación de datos procesamiento y comparación concluyo.

En el tratamiento del suelo con cal se debe de tomar en cuenta los ensayos a realizarse tamaño de las probetas duración de los ensayos condiciones de ejecución de acuerdo a las normas que rijan en los países donde se está realizando los estudios el no define ningún ensayo en específico el propone la realización sistemática del tratamiento del suelo con cal encontrando un adecuado ensayo específico y así encontrar el porcentaje adecuado de cal con el adecuado contenido de agua por metro cuadrado de terreno y la temperatura de 35 grados de temperatura.

Maole y Rivera (2019) en su proyecto de investigación para su título en ingeniería civil en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en el Perú: "*consolidación químicamente los terrenos arcillosos con cal que va a ser usado como subrazante en la comunidad de villa rica*". Propuso incrementar la función de carga de la subrazante, este proceso de mejoramiento fue realizado en un laboratorio para encontrar las cantidades necesarias de cal, controlar la humedad de los materiales y verificar el cambio que presentaba el material natural con el material mejorado al

realizar las pruebas. Aplicando la metodología experimental y cuantitativa con lo cual concluyo.

Cuando se realizó la recopilación de datos del estudio en las muestras encontró muchos cambios en las características del material natural con el material tratado donde determinó que tenían 2.63 de gravedad específica, una cantidad de 8.43% de material grueso, material arenoso de 23.15%, un porcentaje material fino 68.42% y una plasticidad de 13%.

También se determinó el tipo de suelo por el sistema de clasificación AASHTO Y SUCS lo cual demuestra que es un terreno con cantidades altas de finos CL y con un comportamiento bajo en su plasticidad en el sistema SUCS, y por parte del sistema AASHTO se obtuvo que el material está perteneciendo al grupo 8 A-6(8). Este lo está clasificando como un material de comportamiento regular a malo, también se obtuvieron sus máximas densidades secas de los materiales con los adecuados contenidos de agua agregándole las dosificaciones de cal es de 1.85 g/cm<sup>3</sup> en función del volumen y con una cantidad de agua de 13.40%. También en el estudio se corroboró que una aplicación de 15% de material cementante cal a las muestras el CBR se vio alterado en un 78.8%.

López y Ortiz (2018) para su proyecto de investigación para su título en ingeniería civil en la Universidad Tecnológica de los Andes en Perú: *“consolidar un material cohesivo con cal para mejorar la subrasante de la localidad de San Luis en Abancay”*. Se propuso el objetivo de mejorar el comportamiento de los suelos que hay en su urbe con la aplicación de una serie a cantidades de cal. Aplicando la metodología exploratoria experimental. Con lo cual concluyo. El volumen de cal necesario para mejorar el comportamiento CBR en las muestras de suelo es del 8% del peso del material seco, también al añadirle cal al suelo incrementa su PH en un 10,5 lo cual lo hace romper las partículas de arcilla y formar un material más resistente.

Jara (2014) en su proyecto de investigación para su título en ingeniería civil en la Universidad de Cajamarca en Perú: *“los impactos estabilizadores de la cal para una*

*subrasante de material cohesivo*". Se propuso realizar una secuencia de evaluaciones para verificar el comportamiento de un terreno arcilloso que tendrá el uso se subrasante la que estará mejorada con cal. Aplicando la metodología explicativa experimental con lo cual ha concluido. Para un suelo de subrasante la cantidad óptima que debe de aplicarse de cal es del 4% para lograr la estabilización adecuada del terreno para subrasante. También se encontró que con las adiciones de cal de 0%, 2%, 4%, 6% se disminuyó el límite líquido y plástico de las muestras, teniendo como opima disminución de la plasticidad con la aplicación del 4% de cal.

En la densidad máxima del suelo seco con las distintas cantidades en porcentaje de cal disminuye, el contenido de humedad aumenta en un 22.20% con la muestra al 6%

En una investigación los ingenieros Leoni (2005) sobre la formación de los suelos se enfocan de acuerdo a dos características por erosión in-situ y la erosión química: principalmente, la creación de un suelo se genera por la erosión de las grandes rocas, en esta formación se puede identificar muchos cambios que se producen que es la Erosión y la Degradación estos cambios se pueden realizar de manera física y química. Cuando se realiza estos cambios se debe de entender que el primer material será altamente granular como gravas arenas y los limos, en tanto para la formación de las arcillas estas se forman a partir de una transformación química estos procesos se dan por la erosión incito, efectos de la gravedad, Erosión por transporte la erosión.

Suelo de fundación Según García y Páez (2015) esta capa es la encargada de transmitir las tenciones y deformaciones a las capas más profundas esta deformación dependerá de las tenciones y las propiedades del terreno, tales deformaciones producen muchos asentamientos en los terrenos la conducta de los suelos están bajo tenciones están afectadas por la densidad y las proporciones de agua y aire las que llenan los huecos es necesario estudiar los suelos de manera adecuada y evaluar sus propiedades mecánicas su resistencia y deformidad la cual estará afectada directamente por las cargas aplicadas directamente en las

estructuras que se van a construir estas proporciones están dadas en unidades kg/cm<sup>2</sup>.

Los tipos de suelos de fundación según Arqzon Arquitectura (2021) en donde se va a construir es muy importante que se tiene que tomar en cuenta antes de realizarse algún proyecto de construcción, de este dependerá la vida de las construcciones, para ello se describe los tipos de suelos que se tenemos. Suelo arcilloso, suelo, suelo pedregoso.

Las propiedades físicas de los suelos Leoni y Nadeo (2004) que son las características de los suelos donde se han desarrollado estudios y ensayos para evaluar sus comportamientos cuando estos estén sometidos a muchas condiciones ambientales y de carga, estos son de gran interés evaluarlos antes de empezar a construir sobre ellos, estas evaluaciones se realizan a los terrenos que van a estar expuestos a varios tipos de carga y así encontrar su composición mediante los ensayos de la capacidad de resistencia, valores de humedad entre otros. Proporcionarán muchas formas de diferenciarlos entre si y nos darán las medidas adecuadas para nombrarlos, de formas adecuadas, cumpliendo con los requerimientos de las normas. Aquí se describe las propiedades físicas de los suelos, el contenido de humedad de los suelos, el límite líquido los suelos, el Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos, la densidad de los suelos.

La estabilización de suelos el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) está definido la aplicación de métodos para mejorar las la composición y el comportamiento de los materiales, aplicando procedimientos mecánicos y mediante la aplicación de algunos productos elaborados por el hombre que sean de origen natural o sintéticos, las estabilizaciones de los terrenos se realiza a aquellos que son pobres que no se comportan de manera adecuada, existen muchos productos como el cemento, cal, asfalto para mejorar los suelos y obtener un material mejor, estos métodos consisten en incrementar la resistencia a las condiciones del ambiente con el paso de los años. Los suelos que son adecuados para el uso son los con un CBR  $\geq$  6%. Al ser menores serán mejorados. Se presentan en zonas húmedas, blandas estos suelos serian materia de estudio.

La cal Pérez (2021) lo denomina como cal a la sustancia de color gris o blanca que estas conformada por oxido de calcio, este producto se obtiene cuando los minerales calcáreos piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) se calcinan a 900 grados centígrados por lo cual resulta el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) teniendo un peso específico de  $3300\text{kg/m}^3$  y una densidad de  $3.34\text{ g/cm}^3$  este cuando se mezcla con el agua se forma la cal apagada  $\text{Ca}[\text{OH}]_2$ ).

Los efectos de la cal en el suelo son el Secado del suelo: Calcinor. (2018) la cal es efectiva para el secado la humedad al ser mezclado con el suelo cuando se trata de suelo arcilloso, el cual tiene la propiedad de absorber el agua de 2 al 5% este proceso sucede inmediatamente después de adicional la cal. La modificación del suelo cuando se añade cal al suelo las partículas de la superficie del suelo se modifican donde se da el intercambio del suelo y el calcio, tal proceso sucede de inmediato cuando se añade la cal al suelo el suelo pierde la propiedad para la retención de agua.

En la modificación de la textura Bauza (2003) al agregarse cal al suelo este tiene un comportamiento plástico y la que experimenta una reducción apreciable del contenido de agua lo cual genera un aumento en los vacíos respecto al suelo natural, el desordenamiento de las partículas del suelo por efecto de la cal lleva a un comportamiento menos cohesivos estos desordenes conllevan a encontrar una mayor resistencia a las cargas. En modificación de la granulometría de los suelos este efecto se da por floculación y un nuevo aglomeramiento de las partículas que son originadas por el cambio iónico en la superficie, también permite la reducción de los índices de plasticidad en el material y aumenta el límite plástico sin afectar el límite líquido. La densidad de un suelo natural es mayor que de un suelo tratado con cal esto se genera por las modificaciones en las granulometría y la redistribución de la partículas, cuando se realiza la compactación de un terreno con cal se produce la redistribución de las partículas que son de mayores tamaños estos tienen más vacíos que ante una misma energía de compactación es imposible obtener una mejor densidad máxima esto se da porque existe mayor porosidad en el suelo, el aumento de la consistencia o del CBR se produce gracias al reacomodo

de las partículas la cual ha sido alterada en sus propiedades físicas gracias a la cal que actúa como cementante uniendo las partículas aun con poco contenido de cal.

La estabilización del suelo cohesivo con cal La Nacional Lime Association (2006) nos dice que se puede emplear cal viva, la cal hidratada  $\text{Ca}[\text{OH}]_2$  o también se puede aplicar la cal en forma de lechada. La cal viva  $\text{CaO}$  también se conoce como hidróxido de calcio se genera mediante un proceso de químico del carbonato de calcio o piedra caliza  $\text{CaCO}_3$  en óxido de calcio. Las propiedades que están conformadas los suelo son los que determinan los grados de reacción y de la resistencia que se obtendrá cuando se haya realizado el mejoramiento por capas, los terrenos cohesivos que pasan por el tamiz 200 -75 $\mu\text{m}$ -estos tienen una plasticidad superior a 10 estos son los que se consideran adecuados para ser mejorados con cal, también los terrenos con materiales orgánicos mayores al 1% y presencia de sulfatos mayor de 0.3%. Para el uso de subrasante y en la capa sub base se va a utilizar del 3 a 6% del peso del material seco y en capa base se utilizaría 2 a 4% de cal de acuerdo al peso de la muestra seca.

En la determinación de la cantidad de cal para el suelo el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) determina la cantidad y calidad de cal en el suelo que debe utilizarse, la cal viva tiene la capacidad de endurecerse cuando estas expuesta al aire al ser mezclada con agua, muchos terrenos están constituidos de sílice y aluminio cuando estos materiales se mezclan con cal viva o hidratada y una proporción adecuada de agua el material resultante será el adecuado para ser utilizada en la construcción de las cimentaciones de las estructuras, en los campos de la construcción se puede utilizar los dos tipos de cal mencionados las cuales deben de satisfacer los requerimientos que estos establecidos en las normas del ministerio de transportes y comunicaciones MTC 101 del manuales de ensayos de materiales donde nos listan una serie de ensayos correlativos a para determinar las cantidades de muestras la cantidad de agua a utilizarse y se determina el tipo de ensayo que se va a realizar de acuerdo al tipo se muestra que se tenga una vez realizado el análisis del tamaño de las materiales estos son de granulometría, MTC E 107, proctor modificado MTC E 115, CBR E 132, limite líquido, plástico y índice

de plasticidad MTC E 111, MTC E 1109. Los americanos han demostrado que las estabilizaciones con la cal tienen muy buenos resultados, cuando las materias están compuestas por grava y material arcilloso estos sean usados como capas granulares superficiales tendrá un acondicionamiento del 2 y 4 % de cal del peso para suelos con altas cantidades de arcilla del 5 a 10% para mejoramientos superficiales y para capas inferior de 1 a 3% del peso del suelo.

### III.- METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación:

##### **Tipo de investigación.**

El presente proyecto de investigación es aplicada que tiene por objetivo resolver un determinado problema y aplicarlos a la consolidación y aplicación de nuevos conocimientos Ibero (2020).

##### **Diseño de la investigación:**

Este proyecto de investigación tiene un diseño experimental puro este busca analizar las datos estadísticos para comprobar o impugnar cada hipótesis que se ha planteado también se encarga de establecer relaciones de las causas con los efectos dentro de uno o más grupos de estudio Question Pro (2021).

GE (I):  $O_1 \dots X_1 \dots O_2$  GE: grupo experimental.

GC (I):  $O_3 \dots X_2 \dots O_4$  GC: grupo control.

$X_1$ : aplicación de variable independiente.

$X_2$ : placebo (tratamiento convencional).

$O_1$   $O_3$ : pretest.

$O_2$   $O_4$ : posttest.

##### **Enfoque de la investigación.**

Esta investigación es de carácter cuantitativo Sampieri et al (2003), ya que nos permitirá desarrollar este proyecto de investigación en donde la recolección de datos se obtendrán a partir de los estudios de las muestras ensayadas de

manera personal en el laboratorio y así comprobar las hipótesis que se han planteado a través de un análisis estadísticos porcentual.

### **Nivel de la investigación.**

Tiene un nivel de investigación explicativa Sampieri et al (2003) ya que estas no solo buscan describir y acercarse a un problema, sino que encontrar e intenta encontrar las causas de los mismos.

## **3.2. Variables y Operacionalización:**

### **Variable cuantitativa 1:**

**Adición de cal:** se define como la aplicación de un material cementante para mejorar su composición y su comportamiento de los suelos mediante procedimientos mecánicos estas sustancias creadas por el hombre están realizadas de manera química y son de origen natural o sintético Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

### **Variable cuantitativa 2.**

**Infraestructura vial:** Lo define como las estructuras encargadas de disponer el normal desplazamiento vehicular de manera adecuada a nivel nacional estas estructuras están construidas de acuerdo a una serie de estudios de suelos transitabilidad Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

### **Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:**

#### **Población:**

Para la población para este proyecto de investigación son los 6 km en la vía de comunicación de puerto ciruelo hasta el distrito Huarango.

**Muestra:**

La muestra escogida para este proyecto de investigación será de un área de 50 metros cuadrados de la vía de la infraestructura vial puerto Ciruelo distrito de Huarango.

**Muestreo:**

Será por conveniencia debido a que la población a ser estudiada es demasiado elevada y para este caso va a ser imposible estudiar a toda la población Question Pro (2021).

**Unidad de análisis:**

Será 1 sección de la vía en la infraestructura vial puerto Ciruelo distrito de Huarango.

**3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

**Técnicas:** se realizará la observación experimental ya que se elaborará en condiciones controladas relativamente por el investigador en esta técnica se pueden manipular las variables Silva (2004).

**Instrumento de recolección de datos:** se utilizará la guía de observación este instrumento nos permitirá situarse de manera sistemática en cuál es el objeto que se está estudiando y así obtener la información Silva (2004).

### **3.4. Procedimientos:**

#### **Procedimiento de recopilación de datos.**

Primero: me ubicare en el centro poblado Puerto Ciruelo en el km 0+00 donde empieza la infraestructura vial, ubicaremos el punto más desfavorable para realizar la excavación de la calicata.

Segundo: se realizará los trabajos de extracción de muestras de la calicata de un metro de profundidad donde se extrajeron 5 muestras para ser analizadas con 5 diferentes porcentajes de cal, 1 muestra de suelo sin adición de cal y 4 muestras con 2%, 4%,8%,16%. Las muestras serán colocadas en bolsas herméticas para preservar su contenido de humedad y evitar la contaminación de las mismas esta será analizadas en el laboratorio donde se determinará su cantidad de agua en el material natural de acuerdo a los manuales de ensayos de materiales MTC E 101.

Tercero: una vez en el laboratorio se sacarán las muestras para encontrar el contenido de agua de las muestras naturales, se realizará los análisis granulométricos del material.

Cuarto: se usará el tamiz 3/8 para proctor modificado tipo B ya que más del 20% del peso pasa por el tamiz nº 4 y menos del 20% es retenido en el tamiz 3/8 se ha extraído 3 muestras de 3 kg para encontrar las máximas densidades secas del material con el adecuado contenido de agua estos ensayos se realizaron para cada una de las muestras de 0%,2%,4%,8%,16%, la cantidad de agua se aplicará un 5% hasta encontrar la consistencia del material se usará 5 capas de 25 golpes.

Quinto: también para CBR se utiliza el tamiz 3/4 donde se extrajo 3 muestras de 6kg cada una para analizarlas con 56, 25, 12 golpes tanto para 0%,2%,4%,8%,16% de cal, la cantidad de agua se obtuvo de las máxima

densidades secas en el ensayo de proctor modificado, las lecturas de expansión se realizaron cada 24 horas por 4 días.

Sexto: para los ensayos de límites se usó el tamiz n<sup>o</sup> 40 extrayendo una muestra de 200 gramos para realizar 3 ensayos con diferentes n<sup>o</sup> de golpes, 19, 25 y 29 con diferentes cantidades de agua y así lograr cerrar la acanaladura de la copa de casa grande en menos golpes.

### **3.5. Método de análisis de datos:**

- En el análisis de la información primero usaremos la guía de observación.
- Se detallará un registro ordenado de los ensayos de suelos a realizarse.
- Los procesamientos de obtención de los resultados obtenidos de los ensayos de suelos serán determinados mediante el uso de Microsoft Excel 2016.
- La ubicación y localización donde se realizó la excavación de la calicata en la infraestructura vial será realizado mediante el uso de GPS.
- Se usará el programa Word 2017 para escribir la información obtenida se los resultados del proyecto de investigación.
- Los costos que se han generado es el desarrollo de este proyecto será mediante el uso del programa Excel 2017.

### **3.6. Aspectos éticos:**

En los artículos 22 de la ley 30220 que lo establece la SUNEDU como la entidad encargada de supervisar la calidad de estudio y también incluye los licenciamientos y supervisión de tales normas que se emite, las condiciones de

los servicios de nivel superior universitario está encargada de verificar que sean adecuadas para el normal desarrollo del aprendizaje de los estudiantes, los cronogramas de implementación y de licenciamiento para la universidad Cesar Vallejo se ha presentado cumpliendo con los plazos establecidos y que se realicen las revisiones correspondientes en la entidad supervisora.

Todas las universidades tienen que tener espíritu de investigación que lo comuniquen a los estudiantes para el desarrollo del país de acuerdo a la ley universitaria 30220, cuando se realice una buena investigación se debe de seguir una serie de normas para asegurar la autonomía de los trabajos y los participantes con los diversos códigos y declaraciones universales.

En la universidad Cesar Vallejo las investigaciones que son desarrolladas por los estudiantes y los maestros deben de cumplir con los máximos estándares de rigor y que promuevan las buenas prácticas científicas incluyendo las capacitaciones a los investigadores.

La ética es un valor de uso obligatorio para todos aquellos que realicen investigaciones en la universidad, se debe de tener mucho respeto a las personas sin importar su forma de pensar su raza su color del lugar de procedencia, estatus social o económico etc. Los maestros y la institución es el bienestar de los estudiantes y hacer el bien en los procesos de investigación evitando los daños a terceras personas y apoyando al cuidado del de la flora y la fauna del país.

Las investigaciones concurren a las faltas de ética cuando no se tiene en cuenta los excesos cuando se citan a los autores de la información, el plagio total o parcial entre más faltas que se debe de evitar para cumplir con los estándares y las normas que dicta la universidad Cesar Vallejo, muchos factores que atenúan y agravan son aquellos factores que tienen sanciones si no se las aminoran, cuando se verifica un irregularidad se tiene que identificar las infracciones frente a los encargados de la investigación y el comité que verifica

la infracción se tendrá que elaborar un informe en los 15 días hábiles. Las sanciones que se impondrán serán de acuerdo a la gravedad estas son dictaminadas por el tribunal de honor de acuerdo a la severidad del caso.

Por ello la universidad tiene un lineamiento de ética para que los estudiantes y los académicos no recurran a ser parte de infracciones que generen conflictos con las terceras personas que se vean afectadas por la toma de su información sin haber sido citados ni solicitados de manera adecuada y oportuna.

#### IV.- RESULTADOS.

**Tabla 1. Mejoramiento del suelo de fundación con diferentes porcentajes de cal.**

<b>Muestra%</b>	<b>CBR %</b>	<b>Índice de plasticidad %</b>	<b>Contenido de humedad %</b>
0% cal	3.54%	27.75%	21.33%
2% cal	3.76%	27.06%	21.95%
4% cal	5.24%	22.83%	22.62%
8% cal	10.70%	9.50%	25.40%
16% cal	15.35%	5.80%	27.14%

Nota: información propia.

**Tabla 2. Análisis granulométrico de las muestras**

muestra	Granulometría (%)< 3''		
	Grava%	Arena%	Finos%
0% cal	2.32%	6.15%	91.53%
2% cal	2.32%	6.15%	91.53%
4% cal	2.32%	6.15%	91.53%
8% cal	2.32%	6.15%	91.53%
16% cal	2.32%	6.15%	91.53%

Fuente: información propia.

Para el mejoramiento del suelo de fundación con adición de cal en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca se ha realizado los estudios de laboratorio para determinar la adecuada capacidad resistente CBR que es de 15.35%, tiene un índice de plasticidad de 5.80% y un contenido de gua de 27.14% lo cual es de importancia, para mejorar el comportamiento del material con un valor natural del de 3.54% al el valor muy bajo para ser usada teniendo como cantidad de agua de 21.33% y un comportamiento plástico de 27.75%.

**Tabla 3 Capacidad resistente CBR adecuada con diferentes porcentajes de cal.**

<b>Proporción de cal%</b>	<b>Densidad seca proctor modificado gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Contenido de humedad % proctor modificado</b>	<b>CBR%</b>
0% cal	1.72 gr/cm <sup>3</sup>	21.33%	3.54%
2% cal	1.71 gr/cm <sup>3</sup>	21.95%	3.76%
4% cal	1.68 gr/cm <sup>3</sup>	22.62%	5.24%
8% cal	1.69 gr/cm <sup>3</sup>	24.40%	10.70%
16% cal	1.70 gr/cm <sup>3</sup>	25.10%	15.35%

Nota: información propia.

En el mejoramiento del suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca. Se ha encontrado las densidades de los materiales secos naturales que es de 1.72 gr/cm<sup>3</sup> con una cantidad de agua del 21.33% se logra un CBR de 3.54%, en el material con el 16% de cal se obtiene una densidad de 1.70gr/cm<sup>3</sup> con una cantidad de agua de 25.10% este logra un CBR de 15.35%, este aumento de mucha importancia para el mejoramiento del material natural de manera moderada.

**Tabla 4 Índice de Plasticidad adecuada del suelo con diferentes porcentajes de cal.**

Proporción de cal%	Limite liquido%	Limite plástico%	Índice de plasticidad%	Clasificación de suelo	
				SUCS	AASHTO
0% cal	51.54%	23.79%	27.75%	CH	A-7-6(17)
2% cal	48.48%	21.42%	27.06%	CL	A-7-6(17)
4% cal	48.17%	25.34%	22.83%	CL	A-7-6(15)
8% cal	40.20%	30.70%	9.50%	ML	A-5
16% cal	39.40%	33.60%	5.80%	ML	A-4

Nota: información propia.

En el mejoramiento del suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca. El limite liquido es de 51.54% para 0% de cal y para 16% de cal es de 39.40%, el limite plástico se incrementa de 23.79% a 33.60%, y el índice de plasticidad como resultante es de 27.75% para 0% de cal y de 5.80% para 16% de cal lo cual muestra mejoras en la clasificación de los suelos de un suelo CH en el sistema SUCS un suelo arcilloso orgánico de baja plasticidad y con la adición de cal al 16% nos da un suelo de ML que es un suelo limoso de baja plasticidad.

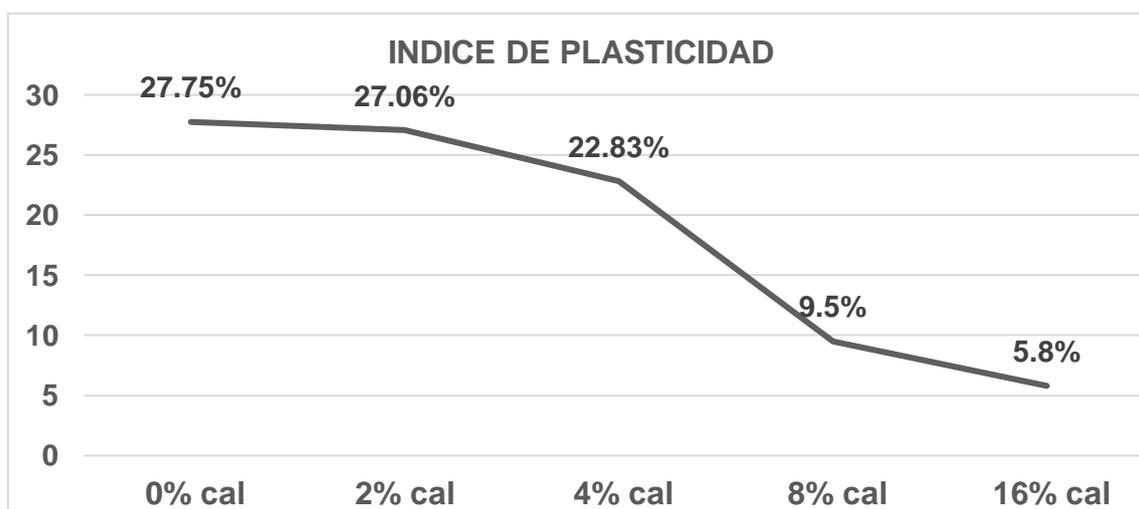


Gráfico 1. Índice de plasticidad con el adecuado contenido de cal. Fuente propia.

En el mejoramiento del suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca. Lo que se puede apreciar el valor de límite líquido del terreno natural que es 51.54% y un índice plástico de 27.75%, con la aplicación de la cal al 16% esto se refleja una disminución a 39.40% en el límite líquido y la plasticidad es de 5.80% esto de mucha importancia para mejorar el comportamiento plástico del terreno con una capacidad de soporte superior considerado como regular a buena para el uso como material de fundación.

**Tabla 5 Adecuado contenido de humedad con los diferentes porcentajes de cal.**

Proporción de cal %	Contenido de humedad %	CBR adecuado%
0% cal	21.33%	3.54%
2% cal	21.95%	3.76%
4% cal	22.62%	5.24%
8% cal	25.40%	10.70%
16% cal	27.14%	15.35%

Nota: elaboración propia.

Para mejorar la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca. Se ha determinado la cantidad de agua para el material natural que es de 21.33% con 0% de cal, y para el 16% de cal se ve el aumento de agua en un 27.14%, este aumento de agua es de gran importancia para lograr la consolidación del material y la unión de las partículas y así lograr una respuesta adecuada del material.

## V.- DISCUSIÓN

Según la tabla 1 y 2 la imagen 1 para el En el mejoramiento del suelo de fundación con diferentes porcentajes de adición de cal en la infraestructura vial Puerto Ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. La adecuada capacidad resistente CBR que es de 15.35%, tiene una plasticidad de 5.80% y un contenido de gua de 27.14%, para lo cual se concuerda con Maole y Rivera (2019) que nos indica que con la aplicación de 16% de material cementante cal a las muestras el CBR del suelo se vio mejorado de manera moderada, también, Bauza (2003) nos dice que la aplicación de cal los suelos mejoran su índice de plasticidad, en sus estudios nos dice que no es lo mismo mejorar el suelo que estabilizarlo, mejorando el contenido de humedad en el suelo.

Este estudio es viable lo cual cumple con los requerimientos del ministerio de trasportes y comunicaciones que nos dice que un suelo de fundación aceptable es aquel que esta es los parámetros de 8% y 20% de CBR considerado como una subrazante regular, mejorando así considerablemente el suelo cual se tenía un CBR natural de 3.54 con alta plasticidad de 27.75% y una humedad de 21.33%.

La metodología empleada en el estudio es la adecuada, debido a que permitió determinar los mejoramientos de suelo de fundación mediante la realización de ensayos de laboratorio de donde se obtuvo mediante fichas de observación que fueron plasmados en este proyecto de investigación.

Según la tabla 3 en el mejoramiento de la capacidad resistente CBR adecuada con diferentes porcentajes de adición de cal para mejorar el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. Se ha encontrado las densidades de los materiales secos naturales que es de  $1.72 \text{ gr/cm}^3$  con una cantidad de agua del 21.33% se logra un CBR de 3.54%, en el material con el 16% de cal se obtiene una densidad de  $1.70 \text{ gr/cm}^3$  con una cantidad de agua de 25.10% este logra un CBR de 15.35%, este aumento de mucha importancia para el mejoramiento del material natural de manera moderada. Para lo cual se coincide con Bauza (2003) que nos dice que la densidad de un suelo natural es mayor que

de un suelo tratado con cal esto se genera por las modificaciones en la granulometría y la redistribución de las partículas, cuando se realiza la compactación de un terreno con cal se produce la redistribución de las partículas que son de mayores tamaños estos tienen más vacíos que ante una misma energía de compactación es imposible obtener una mejor densidad máxima.

Este estudio es viable lo cual cumple con los requerimientos del ministerio de transportes y comunicaciones que nos indica los procedimientos del muestro de los suelos para la realización de los ensayos de los suelos de acuerdo a la norma MTC E10, obtenido se la capacidad resistente del suelo de fundación con una densidad de  $1.70\text{gr/cm}^3$  con una cantidad de agua de 25.10% este logra un CBR de 15.35%.

La metodología empleada en el estudio es la adecuada, debido a que permitió determinar en mejoramiento de la capacidad resistente cbr del suelo obteniendo en primer lugar las densidades y el contenido de humedad de las muestras del ensayo de Proctor modificado de acuerdo a la cantidad de cal empleada mediante fichas de observación que fueron plasmados en este proyecto de investigación.

Según la tabla 4, el grafico 1 y las imágenes 2 y 3, para el mejoramiento del índice de plasticidad en el del suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. Se obtiene un límite líquido es de 51.54% para 0% de cal y para 16% de cal es de 39.40%, el límite plástico se incrementa de 23.79% a 33.60%, y el índice de plasticidad como resultante es de 27.75% para 0% de cal a 5.80% lo cual muestra mejoras en la clasificación de los suelos de un suelo CH en el sistema SUCS un suelo arcilloso orgánico de baja plasticidad y con la adición de cal al 16% nos da un suelo de ML que es un suelo limoso de baja plasticidad por lo cual se concuerda con Jara (2014) que nos indica la dosis óptima que debe de aplicarse de cal es del 16% para lograr la estabilización adecuada del terreno para subrasante. También se encontró que con las adiciones de cal de 0%, 2%, 4%, 8% se disminuyó el límite líquido y plástico de las muestras, teniendo como opima disminución de la plasticidad con la aplicación del 4% de cal.

Este estudio es viable debido que se ha disminuido el índice de plasticidad de suelo de 27.75% para 0% de cal a 5.80% al 16% de cal suelo lo cual resulta un suelo de ML que es un suelo limoso de baja plasticidad.

La metodología empleada en el estudio es la adecuada, debido a que permitió determinar en mejoramiento de la plasticidad del suelo mediante el uso de estudios de laboratorio recopilados mediante fichas de observación que fueron plasmados en este proyecto de investigación.

Según la tabla 5 para encontrar el adecuado contenido de humedad con diferentes porcentajes de adición de cal para mejorar el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. El contenido de humedad natural que es de 21.33% con 0% de cal, y para el 16% de cal se ve el aumento de agua en un 27.14%, respecto al natural que es de este aumento se agua es de gran importancia para lograr la consolidación del material y la unión de las partículas y así lograr una respuesta adecuada del material por lo cual concordamos con Bauza (2003) experimenta una reducción apreciable del contenido de agua lo cual genera un aumento en los vacíos respecto al suelo natural, el desordenamiento de las partículas del suelo.

Este estudio es viable debido que se ha logrado obtener el adecuado contenido de humedad para mejorar el suelo y que se comporte de manera adecuada frente a las cargas que serán aplicadas.

La metodología empleada en el estudio es la adecuada, debido a que permitió determinar en mejoramiento del contenido de humedad del suelo mediante el uso de estudios de laboratorio recopilados mediante fichas de observación que fueron plasmados en este proyecto de investigación.

## VI.- CONCLUSIONES

1.- En el mejoramiento del suelo de fundación con diferentes porcentajes de adición de cal en la infraestructura vial Puerto Ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. Se ha encontrado en los estudios de laboratorio realizados la adecuada capacidad resistente CBR que es de 15.35%, con un 16% de cal, una plasticidad de 5.80% y un contenido de agua de 27.14% la granulometría del material se mantiene ya que la cal es un material fino, este estudio es de importancia, para mejorar el comportamiento del material con un valor natural CBR de 3.54% al el valor muy bajo para ser usada como suelo de fundación teniendo como cantidad de agua de 21.33% y un comportamiento plástico de 27.75%.

2.-La capacidad resistente CBR adecuada con diferentes porcentajes de adición de cal para mejorar el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. Se obtuvo las densidades obtenidas por el ensayo de Proctor modificado en las muestras secas naturales para 0% de cal es de 1.72 gr/cm<sup>3</sup> con una cantidad de agua del 21.33% se logra un CBR de 3.54%, en el material con el 16% de cal se obtiene una densidad de 1.70gr/cm<sup>3</sup> esta disminución de la densidad se produce por el intercambio iónico de las partículas de arcilla y la reducción del agua ya que el suelo se vuelve más granular aumentando los vacíos, y al compactarse con la misma energía de compactación la muestra no logra igualar a la natural ni consolidarla en su estado natural, el contenido de agua es de 25.10% dado por el proctor modificado que es de la máxima densidad seca con el óptimo contenido de agua, con estos valores se obtiene un CBR de 15.35%, este aumento de mucha importancia para el mejoramiento del material natural de manera moderada.

3.-El índice de plasticidad en el mejoramiento del suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca. 2021. Se obtiene un límite líquido natural de 0% de cal es de 51.54% para y para 16% de cal es de 39.40%, lo cual se ve mejorada ya que la cal absorbe la humedad del suelo

debido a sus propiedades cementantes, el límite plástico se incrementa de 23.79% a 33.60%, esto se genera cuando el suelo pasa de estado líquido a plástico por acción de la cal disminuyendo el contenido de humedad volviéndolo más resistente a las cargas, el índice de plasticidad como resultante es de 27.75% para 0% de cal a 5.80% para 16% de cal lo cual muestra la reducción de los valores de agua en el suelo seco estas mejoras lo podemos ver en la clasificación de los suelos de un suelo CH para un suelo natural en el sistema SUCS un suelo arcilloso orgánico de baja plasticidad y con la adición de cal al 16% nos da un suelo de ML que es un suelo limoso de baja plasticidad esto es de gran importancia ya que el suelo va a tener un comportamiento moderado.

4.-Se determinó el adecuado contenido de humedad con diferentes porcentajes de adición de cal para mejorar el suelo de fundación en la infraestructura vial Puerto Ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021. De acuerdo a la cantidad de cal es de 21.33 para 0% de cal, y para el 16% de cal es de 27.14%, este aumento de agua es de gran importancia para lograr consolidar las partículas del suelo y mejorar la capacidad de soporte CBR del suelo a 15.35%.

## VII.- RECOMENDACIONES

- Es recomendable que cuando se realiza la excavación de las calicatas no este lloviendo para no saturar las muestras de agua.
- Las calicatas deben de realizarse cuando no haya mucha incidencia de vehículos que limiten las labores de excavación y muestreo.
- Se debe de tener mucho cuidado con los envases de recolección de muestras que no estén rotos, mojados o contaminados con productos químicos, de preferencia que sean nuevos y así evitar la alteración de las muestras.
- El traslado de las muestras al laboratorio debe de ser el mismo día de la extracción y así evitar la pérdida o aumento del contenido de humedad.
- Una vez en el laboratorio cuando se extraen las muestras para el contenido de humedad natural se debe de homogenizar muy bien para que los valores sean correctos.
- La cal que se utiliza debe de ser certificada con alta pureza que no contenga agentes que no pertenezcan a la misma.
- Para realizar los ensayos de proctor modificado se debe de saber exactamente qué tipo de material es de acuerdo al análisis granulométrico.
- para los ensayos se debe de tener en buenos estados los equipos y herramientas tanto para proctor modificado, CBR y límites de attrerberg.
- Cuando se realiza el ensayo de proctor modificado se debe se compactar las muestras en sentido vertical de manera circular ejerciendo todos los 25 golpes y las 5 capas que indica la norma.
- Cuando se realice el ensayo de CBR se debe se compactar las muestras en sentido vertical de manera circular ejerciendo todos los 56, 25, 12 golpes y las 5 capas que indica la norma.
- También se debe de tomar las lecturas de la expansión del suelo cada 24 horas por los cuatro días que lo dice la norma.

- Cuando se realice la prueba de penetración cbr se debe de tener mucho cuidado con las lecturas de acuerdo la profundidad dada por la norma.
- Para el ensayo de límites de attrerberg se debe de tener en buen estado los equipos la copa de casa grande y el acanalador.
- El tamiz a utilizar debe de ser el adecuado de acurdo a la norma tamiz número N<sup>0</sup> 40 para este caso.
- Las cantidades de agua deben de ser adecuadas para no saturar las muestras.
- El número de golpes debe ser hasta lograr serrar la acanaladura de acuerdo a la norma.
- El contenido de humedad debe de realizarse de manera adecuada durante 24 horas hasta que seque el material.
- La balanza debe de estar calibrada y certificada para lograr un pesaje adecuado.
- Se deben de tomar apuntes fotos u ficha de recolección de datos para escribir todo lo que realiza.

## REFERENCIAS.

- ARQZON ARQUITECTURA. (20 de octubre de 2021). Revista digital Arqzon arquitectura. Obtenido de Revista digital Arqzon arquitectura: (20 de octubre de 2021. <https://arqzon.com.mx/2021/06/02/los-tipos-de-suelo-en-la-construccion-y-como-identificarlos/>
- ATAMIRANO Genaro y DIAZ Axell. Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas tesis (ingeniero civil) universidad Nacional Autonoma de Nicaragua (2015) pp.86. Nicaragua: [s.n].
- BAUZA, Diego. Estabilización de suelos con cal Madrid: (2003) pp 4-7. [s.n].
- CALCINOR. Calcinor. Obtenido de Calcinor: España (2018) <https://www.calcinor.com/es/actualidad/reviews-producto/cal-estabilizacion-de-suelos>
- GARCIA Javier y PAEZ Gustavo. Suelos y fundaciones ( Argentina) (2015): pp[4-5 [s.n].
- IBERO. Ibero. Obtenido de Ibero. investigación aplicada [en línea] Peru (24 de setiembre de 2020) fecha de consulta 24 de setiembre de 2020 disponible en <https://blogposgrados.tijuana.iberomx.com/investigacion-aplicada/>
- JARA, Robbinson. Efectos de la cal como estabilizante de una subrazante de suelo arcilloso tesis (ingeniero civil) Universidad nacional de Cajamarca (2014) pp 60-61. Cajamarca: [s.n].
- LEONI Augusto y Nadeo Julio. Propiedades de los suelos. En L. y. Nadeo, Propiedades fundamentales de los suelos. Argentina 2004): [20-25] pp62) [s.n].
- LEONI, Augusto. Propiedades fundamentales de los suelos Argentina (2005) pp 4-7: [s.n].
- LOPEZ Jose y ORTIZ Grely.. Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrazante de las calles de la urbanización San Luiz de la ciudad de Abancay. Apurimac: título (ingeniero civil) Universidad Tecnológica de los Andes (2018) pp 13-14 [s.n].
- MAOLE Alexandra y RIVERA Ebdy. Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrazante en vías terrestres de la localidad de villa rica. Lima:

tesis ( ingeniero civil) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (2019):pp13-14 [s.n].

MINISTERIO de TRANSPORTES y Comunicaciones (Peru). Manual de carreteras suelos geologia, geotecnia y pavimentos. Lima (2013): pp 107-125 [s.n].

NACIONAL Lime Association. Manual de estabilizacion de suelo con cal (Estados Unidos) (2006): pp 6-11 [s.n].

PARRA, Manuel. Estabilizacion de suelos con cal y ceniza volcante tesis (ingeniero civil) universidad catolica de colombi Cogota Colombia (2018). pp.73-75. [s.n].

PEREZ, Julian. Definicion. De. Obtenido de Definicion[en linea]disponible en peru 2021[fecha de consulta 15 de noviembre 2021]. Disponible en:  
<https://definicion.de/cal/>

QUESTION PRO. Muestreo par conveniencia.[en linea] Peru (20 de diciembre de 2021) [fecha de consulta 15 de enero de 2022]Obtenido de Muestreo par conveniencia:obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-por-conveniencia/>

QUESTION PRO. Question pro. [en linea]disponible en peru (17 de diciembre de 2021)[fecha de consulta 15 de enero del 2022] obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-experimental/>

HERNANDEZ, Roberto. metodologia de la investigacion. Mexico (2003): PP 35 [S.N].

SILVA Gustavo, Tecnicas e intrumentos de recoleccion de datos pp[20]. Chimbote(2004): [s.n].

## ANEXOS

### ANEXO 1: Declaratoria de autenticidad (autores)



Declaratoria de autenticidad de los Autores.

Nosotros Fernández Dávila David y Manosalva Lozada Marco Antonio alumnos de la facultad de ingeniería y arquitectura. Escuela profesional de ingeniería civil / programa académico Taller de Elaboración de Tesis / Universidad Cesar Vallejo filial Callao (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado:

“Mejoramiento del suelo de fundación con adición de cal en la infraestructura vial Puerto Ciruelo, distrito de Huarango, Cajamarca, 2021.”

es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Trabajo de Investigación / Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier

falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Jaén 28 de marzo del 2022.



Fernández Dávila David

DNI: 48166388

ORCID: (0000-0002-2451-6664).



Manosalva Lozada Marco Antonio

DNI: 47451224

ORCID: (0000-0001-8464-1275).

## **ANEXO 2: Declaratoria de autenticidad (asesor)**

### NEXO 3: Matriz de operacionalización de variables

Variable 1					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Adición de cal	Es aplicación de un material cementante para mejorar su composición y su comportamiento de los suelos mediante procedimientos mecánicos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)	Es el mejoramiento de los suelos mediante ensayos de laboratorio para evaluar de la capacidad resistente, la plasticidad del suelo, y el contenido de humedad Leoni y Nadeo (2004).	Aumento de la capacidad resistente CBR	Adecuado CBR.	Nominal.
			Mejoramiento del índice de plasticidad del suelo.	Adecuado índice de plasticidad.	Nominal
			contenido de humedad.	Adecuado contenido de humedad.	Nominal.

Variable 2

Variable	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Infraestructura vial.	Lo define como las estructuras encargadas de disponer el normal desplazamiento vehicular de manera adecuada a nivel nacional estas estructuras están construidas de acuerdo a una serie de estudios de suelos transitabilidad Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).	La cal es efectiva para el secado la humedad al ser mezclado con el suelo cuando se trata de suelo arcilloso, el cual tiene la propiedad mejorar la transitabilidad de los vehículos mejorando los costos sociales Calcinor. (2018)	Aporte Social.	Bienestar	Nominal
			Aumento de la transitabilidad	Flujo vehicular	Nominal

#### ANEXO 4: Instrumento de recolección de datos.

Según corresponda, también se incluirá: Cálculo del tamaño de la muestra, validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos, autorización de aplicación del instrumento firmado por la respectiva autoridad, consentimiento informado, cuadros, figuras, fotos, planos, documentos o cualquier otro que ayude a esclarecer más la investigación.

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

*Imagen 1 Mejoramiento de la capacidad resistente CBR del suelo de fundación.  
Fuente. Assis A. 1998.*

Clasificación general	Material limo- arcilloso ( más del 35% del total pasa No.200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7
				A-7-5 (a)
				A-7-6 (b)
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 liquido	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, $IP > LL - 30$				

Imagen 3 Mejoramiento de la plasticidad del suelo de fundación. Fuente: Principles of Geotechnical Engineering Braja M. Das, 1998.



Imagen 4. Excavación de calicata. Fuente: elaboración propia.



Imagen 5. Muestras de suelo. Fuente: elaboración propia.

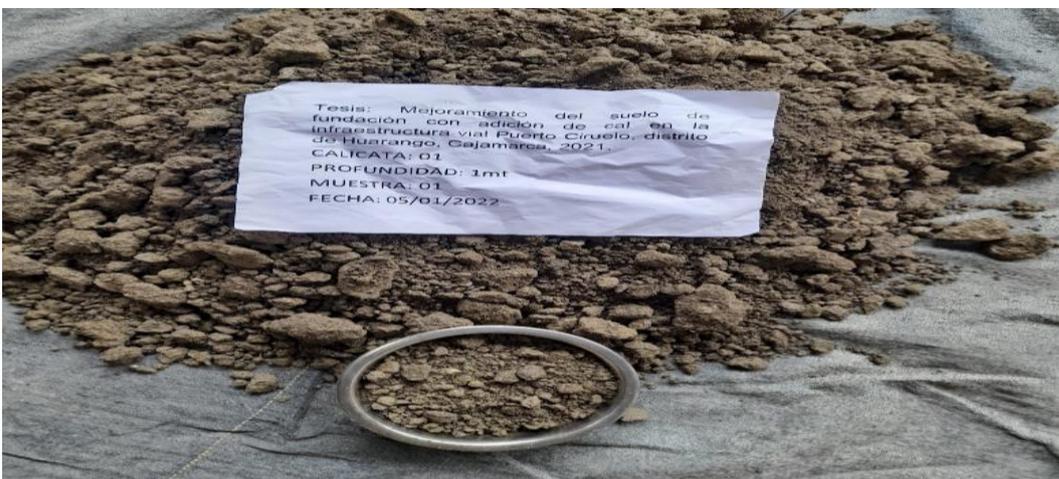


Imagen 6. Muestra de suelo natural. Fuente: elaboración propia.

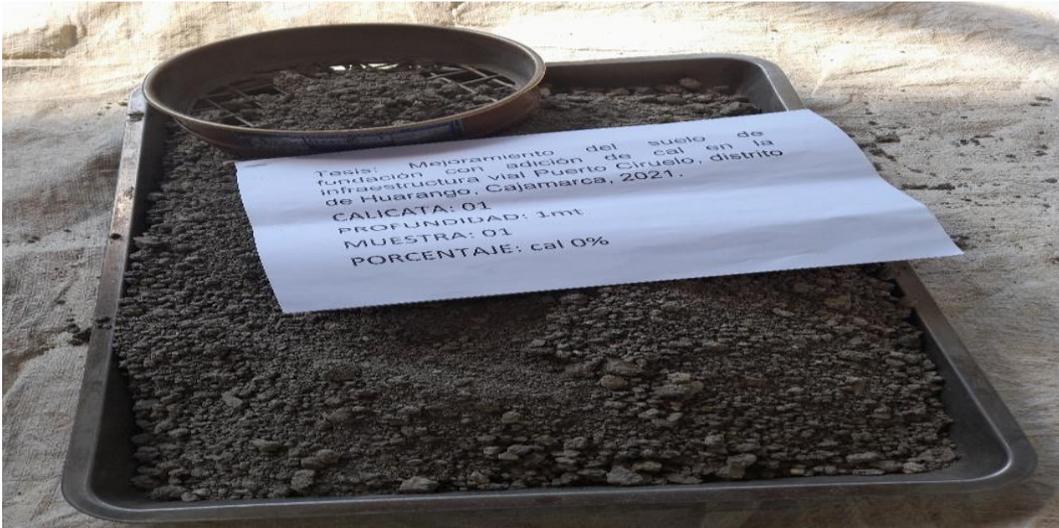


Imagen 7. Tamizado de muestra. Fuente: elaboración propia.



Imagen 8. Ensayo de proctor modificado. Fuente: elaboración propia.

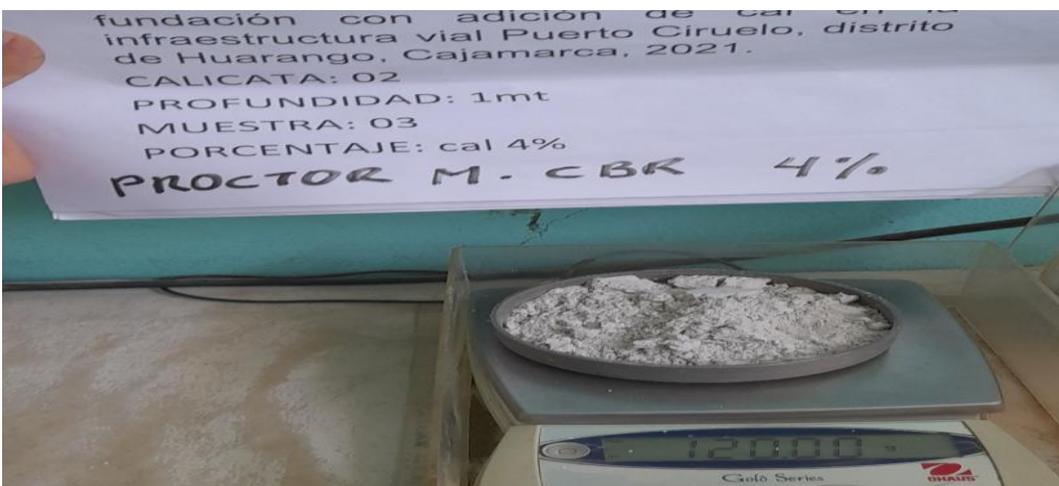


Imagen 9. Pesado de cal para CBR. Fuente: elaboración propia.

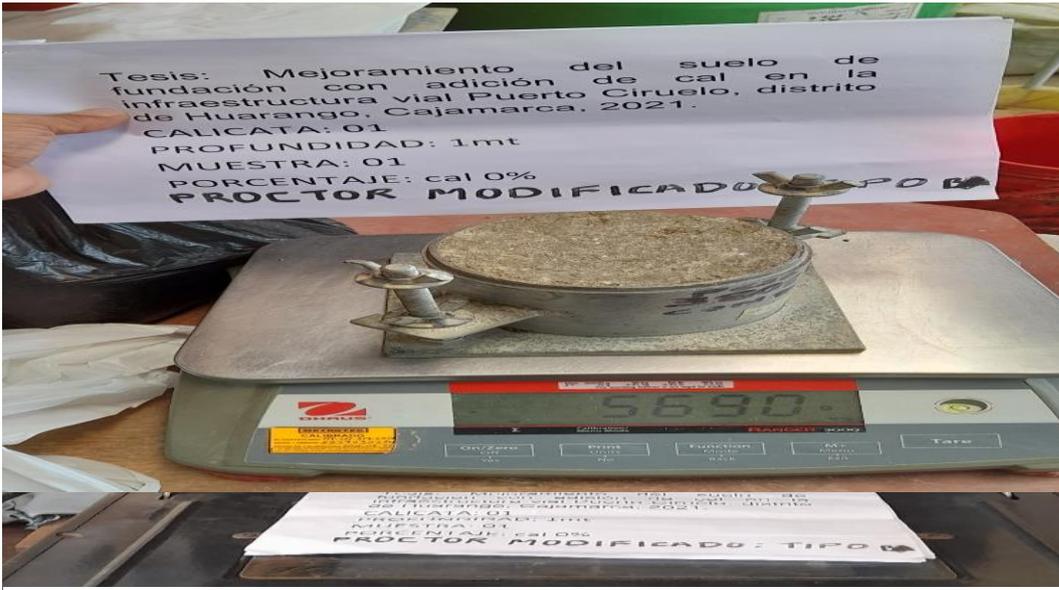


Imagen 10. Secado de muestras al horno. Fuente: elaboración propia.

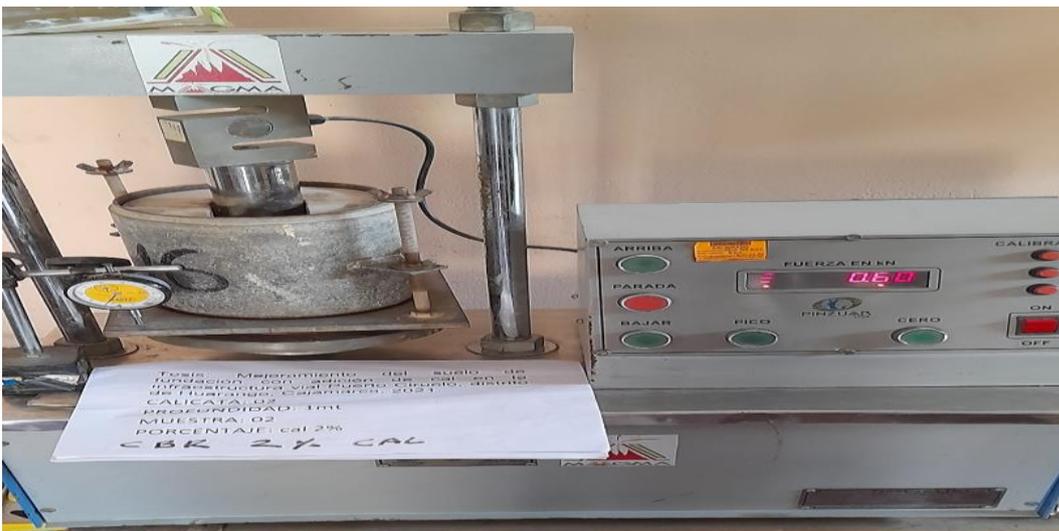


Imagen 11. Ensayo de penetración CBR. Fuente: elaboración propia.



Imagen 12. Ensayo de límites de consistencia. Fuente: elaboración propia.



Imagen 13. ensayo en copa de casa grande. Fuente: elaboración propia.

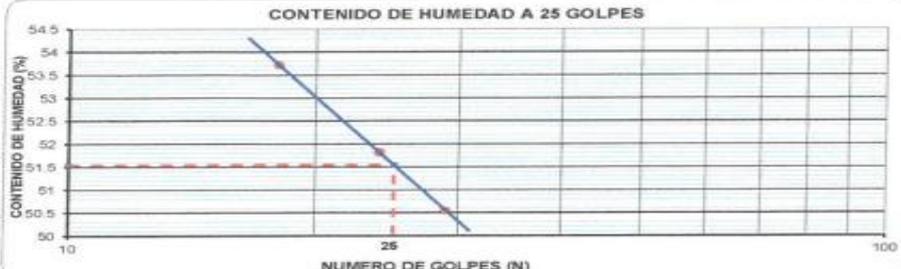
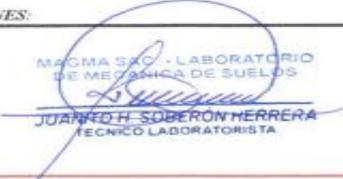
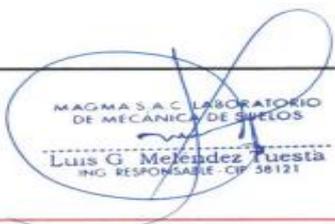
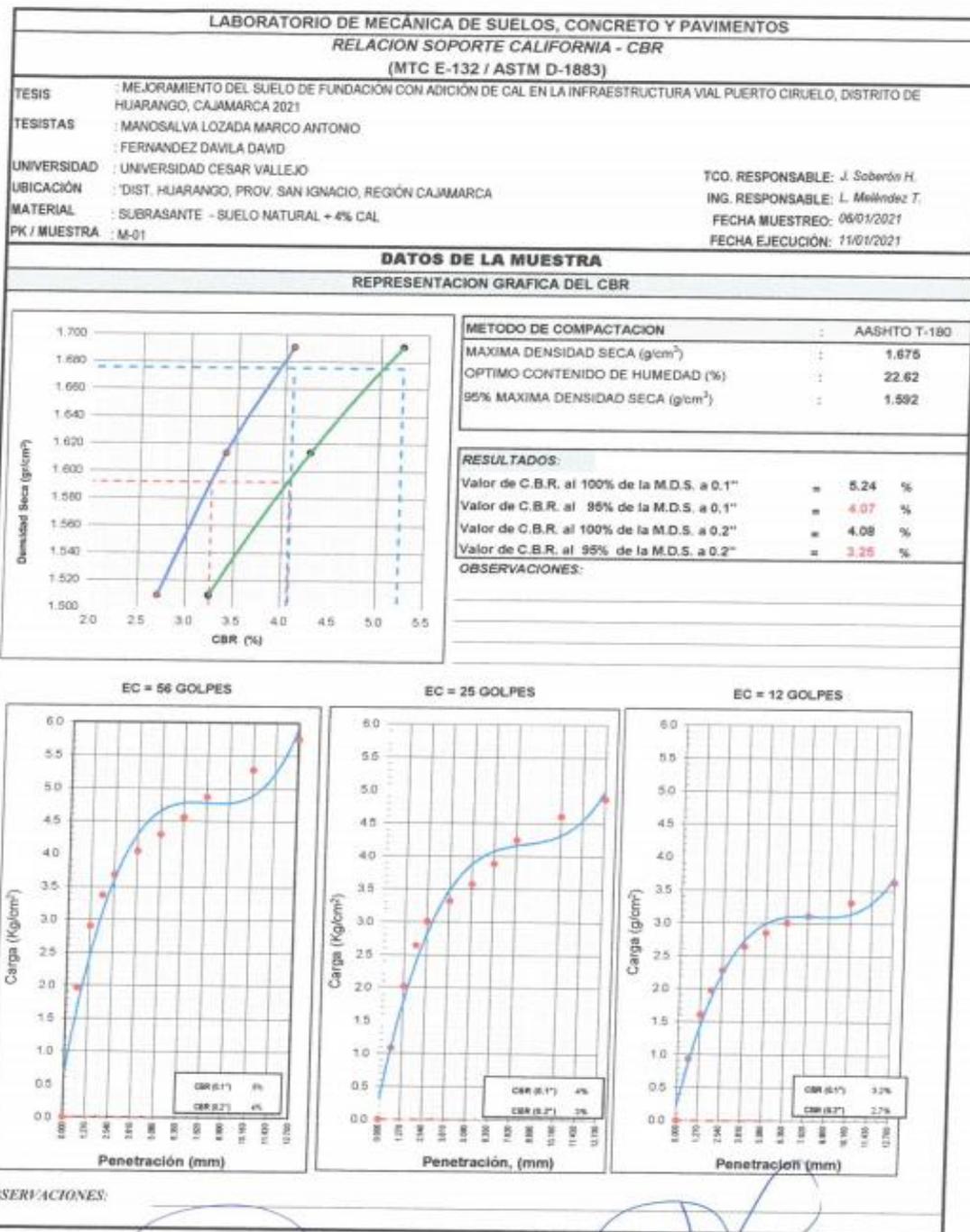
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
(MTC E-110, 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)					
<b>TESIS</b> : MEJORAMIENTO DEL SUELO DE FUNDACIÓN CON ADICIÓN DE CAL EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL PUERTO CIRUELO, DISTRITO DE HUARANGO, CAJAMARCA 2021					
<b>TESISTAS</b> : MANOSALVA LOZADA MARCO ANTONIO : FERNANDEZ DAVILA DAVID					
<b>UNIVERSIDAD</b> : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			<b>TCO. RESPONSABLE:</b> J. Soberón H.		
<b>UBICACIÓN</b> : 'DIST. HUARANGO, PROV. SAN IGNACIO, REGIÓN CAJAMARCA			<b>ING. RESPONSABLE:</b> L. Meléndez T.		
<b>MATERIAL</b> : SUBRASANTE - SUELO NATURAL			<b>FECHA MUESTREO:</b> 06-01-2021		
<b>PK / MUESTRA</b> : M-01			<b>FECHA EJECUCIÓN:</b> 08-01-2021		
DATOS DE LA MUESTRA					
DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº CAPSULA	ID	4	71	72	
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	28.99	25.24	21.52	
TARA + SUELO SECO	(g)	21.13	18.84	16.47	
PESO DE AGUA	(g)	7.86	6.40	5.05	
TARA	(g)	6.50	6.49	6.48	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	14.63	12.35	9.99	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	53.73	51.82	50.55	
NUMERO DE GOLPES		18	24	29	
DETERMINACIÓN DE LIMITE PLASTICO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº TARRO	ID	5			
TARA + SUELO HUMEDO	(g.)	11.69			
TARA + SUELO SECO	(g.)	10.66			
TARA	(g.)	6.33			
PESO DEL AGUA	(g.)	1.03			
PESO DEL SUELO SECO	(g.)	4.33			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.79			
					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO (%)		51.54			
LIMITE PLASTICO (%)		23.79			
INDICE DE PLASTICIDAD (%)		27.76			
<b>OBSERVACIONES:</b>					
 MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS <b>JUANJO H. SOBERÓN HERRERA</b> TÉCNICO LABORATORISTA			 MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS <b>Luis G. Meléndez Tuesta</b> ING. RESPONSABLE - CIP 58121		
Calle Lambayeque Nº 170 -172 Jaén			Teléfono: (076) 43		

Imagen14. Límites de consistencia resultados 0% de cal. Fuente: elaboración propia.



OBSERVACIONES:

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO J. SOBERÓN HERRERA  
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE CIP 38121

Ubicación: Calle Lambayeque N° 170 -172 Jaén

Teléfono: (076) 43 258

Imagen 15. Resultados de CBR al 4% de cal. Fuente: elaboración propia.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
CONTENIDO DE HUMEDAD	
(MTC E-108 / ASTM D-2216 / NTP 339.127)	
TESIS	: MEJORAMIENTO DEL SUELO DE FUNDACION CON ADICION DE CAL EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL PUERTO CIRUELO, DISTRITO DE HUARANGO, CAJAMARCA 2021
TESISTAS	: MANOSALVA LOZADA MARCO ANTONIO : FERNANDEZ DAVILA DAVID
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
UBICACIÓN	: 'DIST. HUARANGO, PROV. SAN IGNACIO, REGIÓN CAJAMARCA
MATERIAL	: SUBRASANTE - SUELO NATURAL
PK / MUESTRA	: M-01
	TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H. ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T. FECHA MUESTREO: 06/01/2021 FECHA EJECUCIÓN: 09/01/2021
DATOS DE LA MUESTRA	
1. Contenido de Humedad Muestra Integral :	
ENSAYO N°	1
Recipiente N°	63
Tara (gr)	28.53
Tara + muestra húmeda (gr)	199.59
Tara + muestra seca (gr)	169.49
Peso del agua contenida (gr)	30.10
Peso de la muestra seca (gr)	140.96
Contenido de Humedad (%)	21.35
Contenido de Humedad Promedio (%)	21.35
OBSERVACIONES: _____	

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
JUANJO H. SOBERÓN HERRERA  
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
LUIS G. MELÉNDEZ TUESTA  
ING. RESPONSABLE - OP. 121

Imagen 16. Contenido de humedad al 0% de cal. Fuente: elaboración propia.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)							
TESIS		: MEJORAMIENTO DEL SUELO DE FUNDACION CON ADICIÓN DE CAL EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL PUERTO CIRUELO, DISTRITO DE HUARANGO, CAJAMARCA 2021					
TESISTAS		: MANOSALVA LOZADA MARCO ANTONIO : FERNANDEZ DAVILA DAVID					
UNIVERSIDAD		: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO				TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.	
UBICACIÓN		: DIST. HUARANGO, PROV. SAN IGNACIO, REGIÓN CAJAMARCA				ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.	
MATERIAL		: SUBRASANTE - SUELO NATURAL				FECHA MUESTREO: 06/01/2021	
PK / MUESTRA		: M-01				FECHA EJECUCIÓN: 08/01/2021	
DATOS DE LA MUESTRA							
Muestra N° 1	Diametro Molde	4"	Volumen Molde	929	m3	N° de capas	5
	Método	B	Peso Molde	3808	gr.	N° de golpes	25Glp.
ENSAYOS N°		1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	5,629	5,690	5,760	5,731		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,821	1,882	1,942	1,923		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,960	2,026	2,090	2,070		
Recipiente Numero		43	44	50	51		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	84.63	85.40	81.16	83.66		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	74.97	74.64	70.08	71.16		
Tara	gr.	18.63	18.62	18.43	17.88		
Peso del agua	gr.	9.66	10.76	11.08	12.50		
Peso del Suelo Seco	gr.	56.34	56.02	51.65	53.30		
Contenido de agua	%	17.15	19.21	21.45	23.45		
Densidad Seca del Suelo	gr/cc	1.673	1.699	1.721	1.677		
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca		1.721	(gr/cm3)	Humedad óptima		21.33	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Juanito H. Soberón Herrera*  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Luis G. Meléndez Tuesta*  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE: CIP 5883

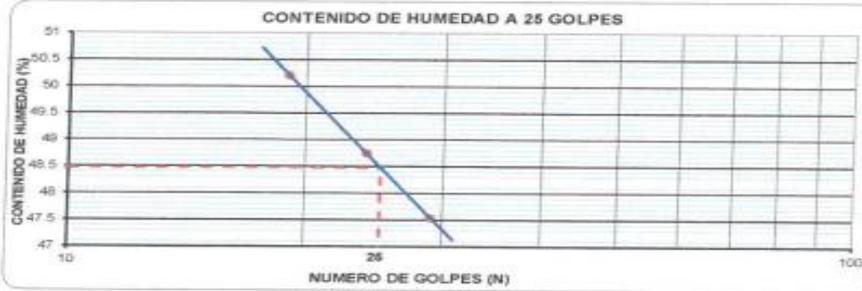
Imagen 17. Resultados de densidades máximas al 0% de cal. Fuente: elaboración propia.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883)									
<b>TESIS</b> : MEJORAMIENTO DEL SUELO DE FUNDACIÓN CON ADICIÓN DE CAL EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL PUERTO CIRUELO, DISTRITO DE HUARANGO, CAJAMARCA 2021 <b>TESISTAS</b> : MANOSALVA LOZADA MARCO ANTONIO : FERNANDEZ DAVILA DAVID <b>UNIVERSIDAD</b> : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO <b>UBICACIÓN</b> : DIST. HUARANGO, PROV. SAN IGNACIO, REGIÓN CAJAMARCA <b>MATERIAL</b> : SUBRASANTE - SUELO NATURAL <b>PK / MUESTRA</b> : M-01	<b>TCO. RESPONSABLE:</b> J. Soberón H. <b>ING. RESPONSABLE:</b> L. Meléndez T. <b>FECHA MUESTREO:</b> 06/01/2021 <b>FECHA EJECUCIÓN:</b> 11/01/2021								
DATOS DE LA MUESTRA									
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR									
<p>Gráfico de densidad seca (g/cm³) vs CBR (%). El eje Y muestra densidad seca de 1.500 a 1.740 g/cm³. El eje X muestra CBR (%) de 2.0 a 3.6. Se muestran dos curvas: una azul para el 100% de la M.D.S. y una verde para el 95% de la M.D.S. Se marcan los valores de CBR resultantes: 3.54% y 3.07%.</p>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>METODO DE COMPACTACION</b></td> <td>: AASHTO T-180</td> </tr> <tr> <td><b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b></td> <td>: 1.721</td> </tr> <tr> <td><b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b></td> <td>: 21.33</td> </tr> <tr> <td><b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b></td> <td>: 1.635</td> </tr> </table> <b>RESULTADOS:</b> Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1" = 3.54 % Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1" = 3.07 % Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2" = 2.90 % Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2" = 2.55 % <b>OBSERVACIONES:</b>   	<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 1.721	<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 21.33	<b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 1.635
<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180								
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 1.721								
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 21.33								
<b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 1.635								
<b>EC = 56 GOLPES</b> <p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs Penetración (mm) para EC = 56 GOLPES. El eje Y muestra carga de 0.0 a 4.5 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 13.000 mm. Se marcan los valores de CBR resultantes: 4% a 0.1" y 2% a 0.2".</p>	<b>EC = 25 GOLPES</b> <p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs Penetración (mm) para EC = 25 GOLPES. El eje Y muestra carga de 0.0 a 4.5 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 13.000 mm. Se marcan los valores de CBR resultantes: 2% a 0.1" y 1% a 0.2".</p>	<b>EC = 12 GOLPES</b> <p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs Penetración (mm) para EC = 12 GOLPES. El eje Y muestra carga de 0.0 a 4.5 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 13.000 mm. Se marcan los valores de CBR resultantes: 2.1% a 0.1" y 2.3% a 0.2".</p>							
<b>OBSERVACIONES:</b>  									

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 JUANNO H. SOBERÓN HERRERA  
 TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 LUIS G. MELÉNDEZ TUESTA  
 ING. RESPONSABLE CIP 38121

Imagen 18. resultados CBR al 0% de cal. Fuente: elaboración propia.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
(MTC E-110, 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)					
TESIS		: MEJORAMIENTO DEL SUELO DE FUNDACIÓN CON ADICIÓN DE CAL EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL PUERTO CIRUELO, DISTRITO DE HUARANGO, CAJAMARCA 2021			
TESISTAS		: MANOSALVA LOZADA MARCO ANTONIO : FERNANDEZ DAVILA DAVID			
UNIVERSIDAD		: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.	
UBICACIÓN		: DIST. HUARANGO, PROV. SAN IGNACIO, REGIÓN CAJAMARCA		ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.	
MATERIAL		: SUBRASANTE - SUELO NATURAL + 2% CAL			
PK / MUESTRA		: M-01		FECHA MUESTREO: 09-01-2021 FECHA EJECUCIÓN: 08-01-2021	
DATOS DE LA MUESTRA					
DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
N° CAPSULA	ID	2	71	72	
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	32.27	29.62	24.95	
TARA + SUELO SECO	(g)	23.71	21.42	19.05	
PESO DE AGUA	(g)	8.56	7.20	5.90	
TARA	(g)	6.88	6.65	6.64	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	17.05	14.77	12.41	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	50.21	48.75	47.54	
NUMERO DE GOLPES		19	24	29	
DETERMINACIÓN DE LIMITE PLASTICO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
N° TARRO	ID	3			
TARA + SUELO HUMEDO	(g.)	13.45			
TARA + SUELO SECO	(g.)	12.24			
TARA	(g.)	6.59			
PESO DEL AGUA	(g.)	1.21			
PESO DEL SUELO SECO	(g.)	5.65			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	21.42			
					
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA					
LÍMITE LIQUIDO (%)		48.48			
LÍMITE PLÁSTICO (%)		21.42			
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)		27.07			
OBSERVACIONES:					

  
 MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 LUIS G. MELÉNDEZ FUENTA  
 ING. RESPONSABLE CIP 58121

Imagen 19. Límites de consistencia al 2% de cal. Fuente: elaboración propia.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

(MTC E-108 / ASTM D-2216 / NTP 339.127)

<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DEL SUELO DE FUNDACIÓN CON ADICIÓN DE CAL EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL PUERTO CIRU DISTRITO DE HUARANGO, CAJAMARCA 2021	
<b>TESISTAS</b>	: MANOSALVA LOZADA MARCO ANTONIO : FERNANDEZ DAVILA DAVID	
<b>UNIVERSIDAD</b>	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	<b>TCO. RESPONSABLE:</b> J. Soberón H.
<b>UBICACIÓN</b>	: "DIST. HUARANGO, PROV. SAN IGNACIO, REGIÓN CAJAMARCA	<b>ING. RESPONSABLE:</b> L. Meléndez T.
<b>MATERIAL</b>	: SUBRASANTE - SUELO NATURAL +2% CAL	<b>FECHA MUESTREO:</b> 06/01/2021
<b>PK / MUESTRA</b>	: M-01	<b>FECHA EJECUCIÓN:</b> 08/01/2021

**DATOS DE LA MUESTRA**

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

ENSAYO N°	1		
Recipiente N°	62		
Tara (gr)	22.94		
Tara + muestra húmeda (gr)	188.54		
Tara + muestra seca (gr)	159.82		
Peso del agua contenida (gr)	28.72		
Peso de la muestra seca (gr)	136.88		
Contenido de Humedad (%)	20.98		
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>		<b>20.98</b>	

OBSERVACIONES:

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**JUANITO H. SOBERÓN HERRERA**  
 TÉCNICO LABORATORISTA

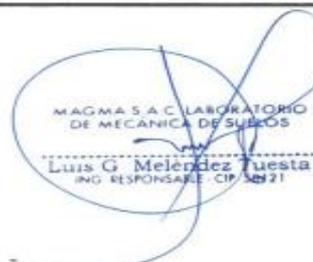
MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Luis G. Meléndez Tuesta**  
 ING. RESPONSABLE CIP 1421

Imagen 202. Contenido de humedad al 2% de cal. Fuente: elaboración propia.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
LÍMITES DE CONSISTENCIA						
(MTC E-110, 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)						
TESIS	: MEJORAMIENTO DEL SUELO DE FUNDACIÓN CON ADICIÓN DE CAL EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL PUERTO CIRUELO, DISTRITO DE HUARANGO, CAJAMARCA 2021					
TESISTAS	: MANOSALVA LOZADA MARCO ANTONIO : FERNANDEZ DAVILA DAVID					
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO				TCO. RESPONSABLE:	: J. Soberón H.
UBICACIÓN	: DIST. HUARANGO, PROV. SAN IGNACIO, REGIÓN CAJAMARCA				ING. RESPONSABLE:	: L. Meléndez T.
MATERIAL	: SUBRASANTE - SUELO NATURAL + 4% CAL				FECHA MUESTREO:	: 06-01-2021
PK / MUESTRA	: M-01				FECHA EJECUCIÓN:	: 08-01-2021
DATOS DE LA MUESTRA						
DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS				
Nº CAPSULA	ID	23	71	72		
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	33.39	29.76	26.12		
TARA + SUELO SECO	(g)	25.43	23.14	20.77		
PESO DE AGUA	(g)	7.96	6.62	5.35		
TARA	(g)	9.47	9.46	9.45		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	15.96	13.68	11.32		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	49.87	48.39	47.26		
NUMERO DE GOLPES		19	24	29		
DETERMINACIÓN DE LIMITE PLASTICO						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS				
Nº TARRO	ID	16				
TARA + SUELO HUMEDO	(g.)	14.53				
TARA + SUELO SECO	(g.)	12.85				
TARA	(g.)	6.22				
PESO DEL AGUA	(g.)	1.68				
PESO DEL SUELO SECO	(g.)	6.63				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.34				
						
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA						
LIMITE LIQUIDO (%)		48.17				
LIMITE PLASTICO (%)		25.34				
INDICE DE PLASTICIDAD (%)		22.83				

OBSERVACIONES:

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORIAL

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE CP 58121

Dir: Calle Lambayeque N° 170 -172 Jaén

Teléfono: (076) 43 21

Imagen 21. Límites de consistencia al 4% de cal. Fuente: elaboración propia.