



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante
por la adición del óxido de calcio, Huamancaca Chico-Chupaca 2021

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

AUTORES:

Celestino Victorio, Ecler Claudio

<https://orcid.org/0000-0002-8652-9065>

Polanco Dávila, Luis Felipe

<https://orcid.org/0000-0002-2799-6843>

ASESOR:

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo

<https://orcid.org/0000-0002-0655-523X>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A mis padres: quien me apoyaron y me dieron fuerzas para dar continuidad con el estudio. Porque sin su apoyo no hubiera concluido mi sueño, por motivarme a continuar en esta travesía.

Agradecimiento

A mis amados padres, a cada uno de mis hermanos, que en el transcurso de mi existencia velaron por mi educación y bienestar, dándome su apoyo incondicional en todo momento.

Al Mg. Ing. Carlos Minaya Rosario, por guiarme correctamente con el desarrollo de este proyecto de investigación, para cumplir el gran anhelo de titularme como ingeniero civil.

A esta casa de estudio por abrir sus puertas y permitirme la atravesar por esta maravillosa en sus aulas, de igual manera a cada profesor que me aportaron sus conocimientos y ayuda para culminar mi meta.

Índice de contenidos

| | |
|---|-----------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de contenidos..... | iv |
| Índice de tablas..... | v |
| Índice de figuras..... | vii |
| Resumen..... | viii |
| Abstract..... | ix |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| III. METODOLOGÍA..... | 14 |
| 3.1. Tipo y Diseño de Investigación..... | 14 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 14 |
| 3.3. Población, Muestra y Muestreo..... | 16 |
| 3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos..... | 18 |
| 3.5. Procedimientos..... | 21 |
| 3.6. Métodos de Análisis de datos..... | 22 |
| 3.7. Aspectos Éticos..... | 22 |
| IV. RESULTADOS..... | 23 |
| V. DISCUSIÓN..... | 41 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 45 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 47 |
| REFERENCIAS..... | 48 |
| ANEXOS..... | 52 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Clasificación de suelos según índice de plasticidad | 13 |
| Tabla 2: Numero de calicatas | 17 |
| Tabla 3: Número de ensayos de CBR | 18 |
| Tabla 4: Ensayos de Laboratorio | 20 |
| Tabla 5: Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra natural(P) | 29 |
| Tabla 6: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación de Oxido de Calcio | 34 |
| Tabla 7: Ensayo de Atterberg con la incorporación del óxido de calcio | 37 |
| Tabla 8: Óptimo Contenido de Humedad (OCH) y Máxima Densidad Seca (MDS) con la incorporación de Oxido de Calcio | 40 |
| Tabla 9: CBR en combinación con porcentajes de 2,4,6,8% de cemento o cal. | 43 |
| Tabla 10: Ensayos al suelo natural..... | 44 |
| Tabla 11: Compactación Proctor y CBR | 45 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Ubicación en el mapa de Perú | 23 |
| Figura 2: Mapa de la región Junin | 23 |
| Figura 3: Localización de la carretera Huamancaca chico – Chupaca | 24 |
| Figura 4: Calicata -1 | 25 |
| Figura 5: Calicata -2 | 25 |
| Figura 6: Calicata -3 | 25 |
| Figura 7: Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-1 | 26 |
| Figura 8: Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-2 | 27 |
| Figura 9: Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-3 | 28 |
| Figura 10: Gráfico del límite de consistencia de la muestra natural..... | 30 |
| Figura 11: Grafico del Optimo Contenido de Humedad inicial..... | 31 |
| Figura 12: Gráfico de Máxima Densidad Seca de la muestra inicial..... | 32 |
| Figura 13: Gráfico de California Bearing Ratio (CBR) de la muestra Natural..... | 33 |
| Figura 14: Ensayo CBR..... | 34 |
| Figura 15: Ensayo CBR..... | 34 |
| Figura 16: Grafico del Ensayo de CBR con la incorporación de Oxido de Calcio | 35 |
| Figura 17: Copa de Casagrande0..... | 37 |
| Figura 18: Pequeños cilindros de 3mm | 37 |

| | |
|---|----|
| Figura 19: Grafico del Ensayo de Atterberg con la incorporación del Oxido De Calcio | 38 |
| Figura 20: Molde de Proctor con la muestra..... | 39 |
| Figura 21: Grafico del óptimo CH con la incorporación de Óxido de Calcio..... | 40 |
| Figura 22: Grafico de la MDS con la incorporación de Oxido de Calcio | 41 |

Resumen

La siguiente investigación, tuvo el propósito de realizar una evaluación acerca de cómo influye adicionar el óxido de calcio en la propiedad física y mecánica de la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca. Esta investigación de tipo aplicada se usó el método experimental de tipo cuasiexperimental, cuantitativa y nivel descriptivo. Donde se extrajeron 3 calicatas en la vía principal de Huamancaca Chico- Chupaca para ejecutar el estudio, según el Manual de Carreteras del MTC, para luego realizar la prueba de granulometría y hacer la determinación del tipo de suelo, con la cual se hicieron las pruebas de: Límites de Atterberg, CBR y Proctor Modificado, dado un 6%, 9% y 12% de óxido de calcio adicionado con respecto al peso del suelo, obteniendo resultados muy favorables. Nuestra investigación concluye que la adición de óxido de calcio en diversos porcentajes mejora las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante en Huamancaca Chico Chupaca.

Palabras clave: Subrasante, capa asfáltica y óxido de calcio.

Abstract

The present investigation had the general evaluation of the influence of the addition of calcium oxide on the physical and mechanical properties of the subgrade in Huamancaca Chico-Chupaca. In the same way, the work was carried out based on the deficiencies that the pavements present in the Huancayo region and how it affects vehicular traffic, it was also compared with other research works which had the same objective of improving the subgrade, with different types of materials in various percentages, such as type 1 cement, PET fibers, rice husk ash, etc. For this, laboratory tests were carried out to determine the granulometry and the type of soil, in the Huamancaca Chico Chupaca road, according to the MTC Materials Testing Manual, with which the tests of: CBR, Atterberg Limits were carried out. and Moisture Content, with the percentages of 6%, 9% and 12% of calcium oxide. Research concludes that the addition of calcium oxide in various percentages improves the physical and mechanical properties of the subgrade in Huamancaca Chico Chupaca.

Keywords: Subgrade, asphalt layer and calcium oxide.

I.INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los problemas más frecuentes que afectan las dimensiones de los pavimentos ya sea flexibles y/o rígido es la alta deformación inicial de la subrasante, ya que esta se produce cuando se compacta al suelo, es débil y se da por la compresión vertical de la carga de los vehículos y la humedad en la zona, un adecuado refuerzo en las subrasantes modifica todo el estado tensional del pavimento, lo cual condicionará intervenciones superficiales en las capas superiores y el cual evitará reparaciones profundas y reconstrucción.

Internacionalmente, en distintos países desarrollados ya se han creado nuevas técnicas respecto a la mejoría al compactar la subrasante, la cual permitió la estabilidad y durabilidad del pavimento rígido o flexible, entre ellos tenemos a Colombia que siendo una de las naciones con diferentes de suelos en su red vial en Latinoamérica, como el caso de Murillo (2016) donde se colocaron cascaras de cenizas provenientes del arroz para poder compactar a la subrasante; también esta Ecuador en la investigación de Gavilanes (2015) donde adicionaron en sus vías el óxido de calcio, en el barrio urbano del sur de Quito; toda esta solución, debido a las diversas eventualidades que generan en la subrasante, como el caso del exceso de carga que soporta, la humedad en la zona y el material usado para la compactación, entre otros.

Sabiendo que una mejora en la compactación de la subrasante, tal el caso de esos países mencionados, ayuda en la mejora del crecimiento social y económico. Dicho espesor del pavimento, flexible o rígido, en gran parte determinara la calidad. Como indicador principal de la subrasante se aplica la resistencia a la deformación por un esfuerzo constante bajo diferentes cargas del tránsito.

Actualmente, en relación con el Centro de Comercio Exterior (CCEX) de la Cámara de Comercio, en el Perú, la Red Vial se encuentra compuesta por 95.863 km y solamente un dieciséis por ciento se encuentra pavimentada, la diferencia que es el 84% se encuentra en un estado de

trocha o de afirmado, cabe destacar que el sector por el cual el transporte es más indispensable es la parte de la sierra y selva de nuestro país en el cual las estructuras importantes como los puentes y carreteras no se hallan en un estado ideal para la circulación vehicular, de tal manera se limita el traslado de cargas mayores a las 15 toneladas siendo una traba de mercancías de producto que llegan a la capital y de los envíos o productos con destino al extranjero; hablando ya únicamente de la subrasante el cual tiene como base fundamental el óxido de calcio para que pueda mejorar el compacto, sabemos que en la ciudad de Huancayo no es tan común utilizar dicho tipo de material ,debido a que al implementarlo se requiere un poco más de presupuesto, pero por otra parte tiene un resistencia superior, adicionando a esto su tiempo de vida que es más que una subrasante tradicional.

Ante estas consideraciones, en algunos departamentos como por ejemplo Chiclayo, Flores (2019) se colocó Fibras PET derivado del reciclaje de botellas en la subrasante dando buenos resultados; en Lima se ha empleado la cal logrando alcanzar una mayor resistencia; también en Cajamarca, Velásquez (2018) ha incorporado el cemento portland tipo I, logrando aumentar la firmeza de la subrasante, pese a la carga vertical de los vehículos y la humedad de la zona.

En la ciudad de Chupaca y a lo largo de toda su estación de la red vial se observó que su infraestructura vial está conformada por pavimento rígido y flexible, pero que, mucho de estos se encuentran en un proceso de agrietamiento, presentando problemas en la superficie por el excesivo paso de los vehículos, la fatiga que sufre ese pavimento y la falta de mantenimiento, por la referida comunidad huanca, sobre todo, se hace notorio en las calles, los cuales son visibles para los pobladores. Por eso, con todo lo explicado se requiere de un estudio detallado de las propiedades de un material adicional para la compactación de la subrasante, y pueda generar nuevas propiedades y de esa manera poder mejorar la calidad y resistencia de la subrasante, soportando las cargas de los vehículos y la humedad de la zona, el cual nos ayudara a la estabilidad del pavimento, para ello, se planteara el uso del óxido del calcio llevando a cabo un estudio para mejorar el máximo número de propiedades internas de la compactación de la subrasante¹ .

Es por ello que en nuestra investigación hemos planteado el siguiente problema general de la siguiente forma.

¿De qué manera influye en la estabilización de subrasante la adición de diversos porcentajes del óxido de calcio en el mejoramiento de las propiedades físicas-mecánicas de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021?

De igual forma surgen los problemas específicos.

¿Cuánto es la influencia de la aplicación del óxido de calcio para el mejoramiento del CBR de la subrasante en la ciudad de Huamancaca Chico-Chupaca 2021?

¿Cuánto es la influencia de la aplicación del óxido de calcio en la plasticidad de la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca 2021?

¿Cuánto es la influencia de la aplicación del óxido de calcio en el contenido de humedad de la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca 2021?

Así mismo tenemos la justificación necesaria para proseguir con nuestro trabajo de investigación.

Tenemos la justificación teórica, ya que se tiene la información veraz y relevante de nuestra problemática mencionada anteriormente, procedente de tesis y otras investigaciones, tanto a nivel nacional e internacional.

También tenemos la justificación social, ya que la población en estudio será beneficiada con un diseño de un pavimento en el cual los vehículos puedan circular sin problemas, además en las vías de Huancayo, no se tiene informes anteriores de vías afirmadas que haya sido mejorado por medio de la estabilización química con cal(óxido de calcio), al incluir la cal en el mejoramiento de las propiedades de la subrasante el cual permitirá mayor estabilización de la compactación en la ciudad de Huancayo en un lugar donde el clima es lluvioso y húmedo por el cual afecta a la subrasante creando fisuras en las capas asfálticas.

De la misma forma tenemos la justificación técnica, porque se procederá a demostrar que al adicionar de óxido de calcio podrá mejorar cada propiedad física y mecánica de la subrasante, en base a las tesis mencionadas líneas arriba y en el Manual de Carreteras

También tenemos la justificación económica, ya que en el futuro disminuirá el costo de la pavimentación, así como también del mantenimiento.

Por último, tenemos la justificación metodológica, ya que se tiene pautas y herramientas para obtener los datos requeridos. Esto nos ayudara a analizarnuestras hipótesis de la presente investigación. Además, debido a que se presenta múltiples problemas con el pavimento en la vía en estudio, existe una base legal y técnica para hacer el mejoramiento de una subrasante.

Tenemos al Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos, donde no indica cuantas calicatas se deben realizar según el tipo de vía, para realizar los ensayos al suelo en estudio.

Tenemos la NTP.400.012 - 2018 Granulometría de los agregados, donde se menciona el tipo de suelo que se obtendrá de las calicatas.

De esta forma surge la hipótesis general de la siguiente manera.

La Aplicación de diferentes porcentajes del óxido de calcio influye favorablemente en la mejora de las propiedades físicas-mecánicas de la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

Por lo cual surgen las hipótesis específicas

La Adición de óxido de calcio influye favorablemente en el CBR de la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

La Adición de óxido de calcio influye favorablemente en la plasticidad de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

La Adición de óxido de calcio influye favorablemente en el contenido de humedad de la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

Así mismo se pretende lograr el objetivo general que es evaluar la influencia de la adición de óxido de calcio en las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021. Del mismo modo, surgen los objetivos específicos planteados.

Determinar la influencia de la Adición del óxido de calcio sobre el CBR de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

Determinar la influencia de la Adición de óxido de calcio en la plasticidad de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

Determinar la influencia de la Adición de óxido de calcio respecto al contenido de humedad de la subrasante Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales tenemos a Gavilanes (2015), teniendo como objetivo: permitir que se evalúe cada propiedad física-mecánica de estabilización y modificación del suelo adicionando en diferentes porcentajes cemento y cal, el cual determinó la estabilización de la plasticidad del material adicionado en la subrasante. Siendo experimental y documental, La población de estudio donde se tomó como muestras, con porcentajes de 0, 2% y 4%, entre otros, los tres especímenes fueron curados por 28 días a 23°C. Los hallazgos que se obtuvieron revelan que dichas capas de subrasante tratadas con el cemento y la cal lo cual sufrieron una deflexiones muy bajas y la cual da un mayor periodo de vida, además las capas son resistentes a los movimientos lo cual se da por la repetición de cargas, se concluyó que dichos suelos tratados mediante cemento aumentan la capacidad soporte para el mejoramiento de la subrasante, así como también se señala que la calle tiene material de subrasante un suelo tipo limo arenoso, por lo cual, se ha recomendado efectuar una estabilización con cemento².

Pico (2016), para lo cual su objetivo fue Diseñar una vía con su correspondiente estabilización. La metodología empleada fue de tipo investigativo y de campo; se tomó como muestra de calicatas realizadas en diferentes kilómetros del proyecto para los ensayos, los instrumentos empleados fueron pruebas realizadas como el grafico de CBR vs Densidades, se compararon las mezclas de suelo + sal, suelo + cal, suelo natural en diferentes kilómetros del proyecto. Los hallazgos obtenidos demostraron que el cloruro de sodio es el material ideal para la estabilización. Se concluyó que dicho material fue eficaz para proceder al mejoramiento del suelo, ya que representó un aumento del más del 100% respecto al valor del CBR³.

Hernández (2016), cuyo objetivo fue analizar y mejorar el comportamiento del suelo arcilloso a través de la utilización del óxido de calcio como un agente estabilizador. La metodología empleada fue de tipo netamente experimental, se tomaron como muestra de suelo natural para los ensayos, los instrumentos empleados fueron el ensayo del límite de consistencia, CBR, Proctor modificado, gravedad específica, granulometría

por hidrometría, pH del suelo. Se concluyó que se obtuvo una mejora en cada propiedad mecánica en los suelos arcillosos conforme al hallazgo que se obtuvo, mejor comportamiento y trabajabilidad⁴.

Como antecedentes nacionales tenemos a García (2015), teniendo como objetivo principal el análisis de la resistencia de subrasante al adicionar cal estructural a un suelo de tipo limo arcilloso y como hipótesis general: la utilización de cal en porcentajes diferentes eleva la resistencia de la una subrasante en suelo limo arcilloso, la metodología empleada fue de tipo experimental, tomando un prototipo de suelo que se sustrajo de una calicata para los ensayos, los instrumentos empleados fueron todo los ensayo se suelo, se concluyó que la adición del óxido de calcio en diferentes porcentajes aumentó la resistencia de una subrasante en suelo limo arcilloso obteniendo un suelo mejorado⁵.

Moale - Rivera (2019), tuvieron como objetivo principal aumentar la facultad para soportar la subrasante a través de la estabilización química del suelo en estudio con un porcentaje de cal óptimo, la metodología empleada fue de tipo experimental, se tomó como muestra de suelo que se sustrajo de una calicata para los ensayos, los instrumentos empleados fueron todo los ensayo de suelo, se concluyó de acuerdo al índice de plasticidad del suelo por la metodología AASHTO Y SUCS, que una muestra se clasifico como una arcilla de baja plasticidad CL de acuerdo a SUCS y A- 6(8) de acuerdo a AASHTO, por lo que se clasifica el terreno de fundación en estudio entre regular y malo. También se determinó que con la adición de óxido de calcio en un 15% al suelo natural aumenta en un 78.8% por lo que se mejora las propiedades del suelo⁶.

Cuadros (2017), teniendo como objetivo principal poder determinar la influencia en estabilización mediante la adición del óxido de calcio en el mejoramiento de la subrasante y como hipótesis general: la estabilización química por la adición de cal influye favorablemente en la mejora de cada elemento físico-mecánico de la subrasante, siendo un estudio experimental, se tomó como muestra de suelo que se sustrajo de cuatro calicatas para realizar los ensayos, los instrumentos empleados fueron estudio de tráfico vehicular, etc., se concluyó que respecto a los resultado

obtenidos mediante los ensayos del suelo mejorado, con el uso de la cal al 3% de acuerdo al peso, indica que los suelos entre el intervalo de $10 \leq \text{CBR} \leq 20$ fueron subrasante buena⁷.

Haluk Sinan Coban (2017) its objective was to increase the use of lime mud for soil stabilization to obtain the benefits of reuse waste materials and meet the need to explore alternative stabilizers because from the uncertain futures of the fly ash⁸. The methodology used was analytical type. The study population is comprised in Loess Hills in Western Iowa, several unwrapped samples were taken on a saturated felt pad, the instruments were tests that were carried out as automatic proctor device, GeoTAC Sigma- Automated Load Test System, among others. The results obtained were that the use of stabilizers increases the electrolyte concentration of the pore water and this results in a thinner Diffuse Double Layer (DDL). The decrease in the thickness of the DDL causes the flocculation of the soil particles⁹. It was concluded that, from prepared samples, the use of stabilizers provided improvements in the IP and resistance. The amounts that provided greater decreases and greater increases in the IP, was the strength of the loess, only the use of a high amount of LS, are those that provided considerable improvements¹⁰.

Jabar Rasul (2016), its objective was the seasoning of a performance pattern to presage the progression of the incremental common deformation, in different stages of the road silt of the stabilized subgrade¹¹. A break from which the suitability of different types of stabilizers can be calculated¹². The methodology used was analytical chedam²⁶¹¹. The cocktail plaza is located in Kurdistan, Iraq, a bituminous threat was taken, the principles were tests that were carried out as vending, direct axial traction tests and slyness (O 'Flaherty, 2002), among others²⁷, The results obtained were that The evidence from this research suggests that stabilized subgrade soils undergo common deformation, especially after aging and weathering conditions¹².It was concluded that the correction of different types of soils unifies the response direction of the subgrade soils stabilized at the applied weight¹³

Moeen Nazari Norman (2016), his objective was to scrutinize the intelligence of the

large Intelligent Compaction Analyzer (ICA) at the University of Oklahoma in training the ilk and quality improvement of the CSS layers that support asphalt pavements²⁸. The methodology used was purely experimental¹⁴. The dining town is made up of 60th Avenue Northwest, Norman , a signal was taken from bulk subgrade pavement samples and CKD from the construction trade, the elements were tests that were carried to cable as an ecumenical declaration apparatus among others¹⁵, the results obtained were that it was found that the tensile deformation in the lower part of the CSSstratum decreased with an increase in the flexural modulus of the CSS stem. The maximum deformation was observed for the asphalt layer with the thinnest HMA and CSS layers and the lowest CSS channel modulus¹⁶. It was concluded that in this cover the moorings of different parameters in the traction deformations induced by the crossing in the lower newscast of CSS layer in a semi-rigid cobblestone structure were investigated by means of the parametric analysis of finite instruments. Using the interpretation of the canon of finite notions and the results of the pharmacy test, it was determined the body lack of HMA essential to avoid wheezing faults in the CSS mother for different soil sections¹⁷.

Escola (2009), en el estudio se realizaron trabajos para estabilizar la subrasante haciendo uso del oxido de calcio, ya que los suelos naturales encontrados en ambos niveles fueron de características diferentes como fue arenas gravosas/limosa (A2-4 y A2-6), limo arenoso/arcilloso (A- 4), arcillas limo/arenosas (A-6) y arcillas (A-7), donde el ochenta por ciento fueron suelos finos del tipo limo-arcillosa y estante veinte por ciento fueron suelos granulares¹⁸. En el cual se conocieron cada fase y proceso que se realizó para poder lograr la estabilización subrasante, por medio de la rehabilitación la vía mencionada anteriormente se indicó hacer uso del método para estabilizar la subrasante cohesiva, también conocido como suelo arcilloso que contiene mucha humedad con cal viva como agente estabilizador¹⁹. En la investigación se adicionó diferentes porcentajes de cal como un agente estabilizador, hasta tener un contenido de cal optimo, de forma que se obtuvo un diseño independiente por cada sector, de la misma forma que se usó para sustituir la subrasante²⁰.

García (2015), tuvo como objetivo estudiar la estabilización química del firme gredoso con cal²¹, donde logró reponerse sus propiedades físicas y mecánicas a escaso y desprendido plazo, cuyos avíos en cada propiedad interpretándose en los hallazgos de los trabajos de botica de la trabazón adoquinado-cal, establecidos en las normas²². También se determinó el espléndido espacio de óxido de calcio apto de aliviar las propiedades físicas y mecánicas del suelo²³.

Elizando – Navas - Sibaja (2016), tuvieron como objetivo realizar un análisis de como influye la adición de cal y magnesia en la subrasante; señalaron que este estudio se pudo notar la mejoría en las propiedades mecánicas y de durabilidad en el material de subrasante cuando se adiciona la cal como material estabilizador²⁴. En base en los resultados que obtuvieron, esta mejoría se incrementó conforme se agregó un mayor porcentaje de contenido de cal. En los resultados de comprensión encofinada, observaron una leve mejoría cuando se empleó en suelos con mayores contenidos de cal y magnesia (propiedades de la cal de primera)²⁵

Como bases teóricas asociadas a las variables tenemos lo siguiente:

Concepto de óxido de calcio:

Se denomina también cal, ya sea viva o muerta. Su simbología química es CaO y la podemos encontrar con otros nombres como cal muerta o cal apagada. Esta sustancia la podemos encontrar fácilmente en nuestro entorno en diferentes presentaciones, ya sea en pesticidas, mortero o mármol²⁶.

El óxido de calcio (cal) atraviesa por diversas etapas de reacciones químicas. La cal pasa por diferentes etapas donde alcanza temperaturas de más de 50°C . mediante

diferentes procesos se obtiene el hidróxido de calcio, más conocido como la cal apagada, o $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Por el cual, al realizar un contacto con algún ser vivo, deshidrata todo su tejido al estar conformados por agua. El óxido de calcio reacciona blanqueando paredes²⁷.

La cal ha tenido desde tiempo remotos diversos usos desde antaño, principalmente para el área de arquitectura para dar detalles estéticos en construcciones como el barnizado(enlucido) de fachadas y también para alimentos como es la preparación de masa de tortillas y sémola de maíz²⁹.

Concepto de la Subrasante:

Es el suelo que va a servir como soporte para toda la estructura del pavimento, ya sea base, subbase y subrasante. Se entiende que desde del siglo pasado solo se conocían diversas propiedades que definían a la subrasante, estas eran tolerancia a la comunicación, plasticidad, drenaje, etc. Teniendo en cuenta que en la década de los cincuenta se comenzó a realizar ensayos que definan mejor las propiedades principales de la subrasante, como el CBR o el módulo resiliente. Referente propiedades se tiene dos grupos, estas son las propiedades físicas y las mecánicas, las cuales se buscará mejorar mediante la adición de óxido de calcio en el presente trabajo de investigación²⁸.

Mejoramiento de la subrasante:

El mejoramiento de la subrasante se puede realizar dependiendo si se construye en suelo natural o en excavación previa. Dicho proceso se hace mediante la adición de un agente externo, que va a influir en cada propiedad física y mecánica de la subrasante, y se demostrará con los ensayos requeridos como CBR o Proctor modificado.

Para el caso que se aplique la mejora en el suelo natural se realiza un grupo de experimentos en el laboratorio de suelos. Se hará uso del ensayo de Proctor modificado con un aplanamiento de 15cm, luego los materiales deberán obtener un nivel de humedad adecuada para la compactación y finalmente se hace su densificación.

Generalmente en el caso que se aplique la mejora en un suelo previamente excavado, se coloca capas, y se compacta la subrasante mejorada hasta que se alcance los niveles requeridos²⁹.

De acuerdo al Manual de Ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones:

Contenido de humedad

De acuerdo a la NTP 339.127: 1998 y ATSM D – 2216, el contenido de humedad es una relación, en proporción al peso de agua en un suelo, respecto de cada partícula sólida. Se realiza mediante el secado del suelo húmedo, aun cuando este en peso invariable a ciento diez grados Celsius a más en un horno controlado. Teniendo en consideración que el peso que está secándose en el horno se utiliza como el de partículas sólidas, por último, se obtiene una pérdida de peso por el secado, esto se define como el peso del agua de la muestra³⁰.

Este ensayo se ejecuta en el laboratorio de mecánica de suelos a través del secado en un horno, donde el porcentaje que existe entre lo que pesa el agua en una masa del suelo y el de cada partícula sólida que determina la humedad, expresada en porcentaje.

$$w = (W_w / W_s) * 100 (\%)$$

Donde:

w = contenido de humedad en porcentaje %

W_w = peso del agua existente en la masa del suelo

W_s = peso de las partículas sólidas

Limite de Atterberg

De acuerdo a la ASTM D 4318 – 98 y la NTP 339.129: 1999, los Límites de Atterberg son aquellos ensayos que se conocen como Límite líquido, límite plástico y límite de contracción, estos se usan para determinar el contenido de humedad en un suelo, y también proporciona el grado de sensibilidad que presenta el suelo con respecto al contenido de humedad³¹.

Tabla N° 01: *Clasificación de suelos según índice de plasticidad*

| Índice de Plasticidad | Plasticidad | Características |
|------------------------------|--------------------|---------------------------|
| IP>20 | Alta | Suelos muy arcillosos |
| IP≤20 IP>7 | Media | Suelos arcillosos |
| IP<7 | Baja | Suelos poco arcillosos |
| IP=0 | No Plástico (NP) | Suelos exentos de arcilla |

Fuente: Manual de Carreteras MTC E 111-2000

California Bearing Ratio (CBR)

De acuerdo a la ASTM D 1883 – 1999 y a la NTP 339.145.1999 , este método se utiliza para analizar la resistencia posible de una subrasante, subbase y materiales de base, así como también materiales reciclados para usar pavimentos de vías o de campos de aterrizaje. El valor obtenido en este ensayo forma parte integral de varios métodos de diseño de un pavimento flexible³².

Proctor Modificado

De acuerdo a la ASTM D 1557 – 2002 y a la NTP 339.141: 1999, que nos ayuda a en la obtención de la densidad de un suelo seco en proporción al contenido óptimo de humedad, se utiliza un molde de cuatro a seis pulgadas de diámetro con un pistón (44,5N) o (10 lb) que cae desde 457 m (18 pulg) generandouna energía de (2700 KN – m/m³) o (56000 pie – lbf / pie³)³³

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

El presente proyecto fue aplicado, debido a que se buscó poner en práctica los conocimientos preliminares en mejoramiento de la subrasante con el uso de óxido de calcio, con el objetivo de poder tomar una decisión para la elección de una mejor compactación de la subrasante con los diferentes porcentajes del óxido de calcio, de acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio y cada criterio de resistencia, Proctor modificado y disminución de la humedad.

Diseño de investigación:

Según Arias (2012), define que la investigación experimental es una sucesión que consiste en poder tener control de objetos o de ciertas personas de distinta condición, tratamiento o estímulo, examinando cada reacción que se provocan (variable dependiente)³⁴.

De este modo, el proyecto se consideró experimental, porque manipularon deliberadamente diferentes cantidades del óxido de calcio (6%, 9% y 12%) en la subrasante, con la finalidad de estudiar su influencia en cada propiedad mecánica y física de la subrasante; se clasificó como experimental, debido a que el tipo de terreno para el presente estudio fue pre-definido (arcilla) por el individuo que investiga, por lo que se contó con un total de 04 ensayos que pertenecían a la muestra patrón y a las muestras con el óxido de calcio en el volumen de la muestra en un 6%, 9% y 12%; dicha dosificación que se eligió de manera tentativa basada en diversas investigaciones previas realizadas con estabilizadores en subrasantes de diferentes autores (tesis 3% - 18%)

3.2. Variable y Operacionalización

Variable Independiente: óxido de calcio

Definición conceptual:

Es aquel que es obtenido partiendo de rocas calizas calcinadas a temperatura de más de 1000 grados centígrados, el cual se calienta en un asadero cíclico o antiguo, Tiene diversos usos en el área en arquitectura, ingeniería, o alimentos. Este acento interviene en la popularidad de varias sustancias, como el hidróxido de calcio (cal apagada o cal muerta), denominado como simplemente óxido de calcio, que también se denomina cal viva³⁵.

Definición operacional:

Está demostrado con éxito que la cal favorece a las propiedades físicas y mecánicas del CBR y otros ensayos. La cal es un compuesto químico que puede agrandar o nutrir las propiedades físicas y el equilibrio de una masa de campo.

Variable Dependiente: mejoramiento de subrasante

Definición conceptual:

Se define a la subrasante como el suelo que va a servir de base para toda la estructura del pavimento, ya sea base, subbase y subrasante. Se entiende que desde del siglo pasado solo se conocían diversas propiedades que definían a la subrasante. Se denomina al firme que sirve como institución para todo el proyecto estructural del suelo. Hace 80 años, el principio para diseñar de suelos se basaba en cada propiedad ingenieriles de la subrasante. Estaban en subordinación de suelos, plasticidad, susceptibilidad a las heladas y drenaje, etc³⁶.

Definición operacional:

La cal mejora las propiedades físicas y mecánicas de las superficies, a través de la adición de diversos porcentajes. El óxido de calcio estabiliza de forma oriundo el piso lamido viejo como la subrasante, creando un curso con una intrepidez ordenamiento

emblemático en el sistema de calle. La estabilización de la subrasante implica una cinta con cal en la circunscripción y requiere el enlace de cal de 3 a 6% en balanza de la calle áspero³⁷.

3.3. Población, Muestra y muestreo

Población

Arias (2012) la define como un todo, donde se manejan los fenómenos que se examinarán en cada unidad que tienen una particularidad similar la cual se estudia y origina la información de la investigación³⁸.

Es por eso que la población se encuentra conformada por las calicatas de 1.5 mt y sus ensayos físicos mecánicos, que resultaron de las pruebas de CBR, capacidad portante, contenido de humedad y de las diferentes combinaciones con el óxido de calcio.

Muestra

Palella y Martins (2012), definen la muestra como cierta parte o el subconjunto de la población dentro de la cual deben tener cualidades que reproducen de la forma más precisa posible³⁹.

Se tomaron en cuenta cada parámetro basado en el Manual de Carreteras – Sección de suelos y pavimentos. Se determina que el tipo de carretera del presente trabajo de investigación es del tipo 3ra clase, con un IMDA entre los 400- y 201 vehículos por día para una calzada de dos carriles,

Tabla N° 02: Numero de calicatas

| 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 | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido | 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 | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido | |
| Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles. | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km | 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. | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km | |
| Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles. | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km | |
| Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada. | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km | |

Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

Se consideraron algunos parámetros de acuerdo al Manual de Carreteras - Sección de suelos y pavimentos. Cabe señalar también que, de acuerdo al tipo de carretera del presente estudio, y según al Cuadro 4.2 Número de Ensayos de CBR del Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos, se indicó realizar un (01) Ensayo CBR por cada 1.5 km como mínimo.

Debido a esto, por tener 1.5 Km (1 CBR) y 1 Km (2 calicatas) se tomó 1.5 Km para efecto de las calicatas de la muestra, es por eso que se realizaron tres (03), de ese total, se tuvo que separar una cantidad suficiente para poder realizar cuatro (04) Ensayos CBR, Proctor Modificado y Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico), para establecer las propiedades físicas y mecánicas, según (N,6%,9% y 12%)

Tabla N°03: Número de Ensayos de CBR

| Tipo de Carretera | N° Mr y CBR |
|---|--|
| Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles | <ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido |
| Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles | <ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido |
| Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles. | <ul style="list-style-type: none"> • Cada 1 km se realizará un CBR |
| Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles. | <ul style="list-style-type: none"> • Cada 1.5 km se realizará un CBR |
| Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles. | <ul style="list-style-type: none"> • Cada 2 km se realizará un CBR |
| Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada. | <ul style="list-style-type: none"> • Cada 3 km se realizará un CBR |

Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

Muestreo

Arias (2012) hace referencia a aquel procedimiento donde se sabe cuál es la posibilidad que poseen los factores de formar parte de la muestra⁴⁰.

El tipo de muestreo se refirió a la técnica de selección, de esta forma el muestreo fue del tipo no probabilístico, ya que no dependía de la probabilidad, sino de los principios de elecciones de carretera y de las características propias de la investigación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

Arias (2012) Son diferentes formas o procedimientos de adquirir la información, se determina que los instrumentos son aquellos medios de tipo material que son utilizados para poder obtener y recopilar datos⁴¹.

Por tal razón, para el método de recopilación de información se empleará la observación para poder brindar distintas soluciones a las problemáticas, así como también comprobar las hipótesis dadas. Por otra parte, las bases teóricas por cada variable se llegaron a utilizar las fichas bibliográficas, finalmente se el método de la cuasi experimentación.

De la misma forma utiliza las normativas del establecidas por el Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de transportes: AASHTO, ASTM, NTP, MTC E-132, Instituto del Asfalto ACI, entre otras.

Instrumentos de recolección de datos

Según Chavez (2015), los instrumentos de investigación son los recursos que emplea el investigador para cuantificar o medir el atributo de la variable⁴².

El método de recopilación de datos para este proyecto de investigación fue la de los ensayos en laboratorio; la técnica para la recolecta de información a través del análisis de mecánica de suelos, los instrumentos para recolectar la información que se emplearon fueron ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos y fueron sujetos a las normas asignadas para cada ensayo.

Tabla N°04. *Ensayos de laboratorio*

| | Ensayo | Instrumento |
|---------|--|--------------------|
| Ensayos | Ensayo de análisis granulométrico | Tamizado |
| | Ensayo de Clasificación de Suelos SUCS y AASHTOO | Tamizado |
| | Ensayo Limites de Atterberg | Copa de Casagrande |
| | Ensayo Proctor Modificado | Molde Cilíndrico |
| | Ensayo de CBR | Prensa Hidráulica |

Fuente: Elaboración propia

Confiabilidad

Hernández, Sampieri (2014) es la medida al nivel en que se aplican reiteradamente a las personas u cosas obtiene resultados iguales⁴³.

Al hablar de fiabilidad hace referencia a la aplicación reiterada o consecuente de un objeto que será estudiado, lo cual por ser estudiado continuamente deberá arrojar resultados iguales o similares entre ellos, brindando la confianza de los resultados obtenidos y del instrumento usado en el trayecto del ensayo, a su vez se brindará certificados de calibración del que va utilizarse en los ensayos.

Validez

Hernández, Sampieri (2014) menciona que la validez se refiere al grado en que los instrumentos van a medir a las variables que se tienen⁴⁴.

La validación de nuestros instrumentos correspondientes para nuestras variables y dimensión, fueron validadas por jueces expertos, los cuales mediante una opinión favorable determinaron la viabilidad, tal como se muestra en los anexos.

3.5. Procedimientos

Para la selección de datos se realizó por medio de la contemplación directa, esto nos permitió analizar las pruebas ensayadas en el laboratorio y tomando la anotación respectiva y necesaria para nuestros resultados y compararlos con nuestra hipótesis. Los procedimientos para fines de la presente investigación estuvieron asociados a cada variable, siendo alterada por la otra, asimismo se hallan relacionadas al estudio que realizaron en los laboratorios adecuados para poder medir dichas variables.

Las muestras de suelo se obtuvieron al realizar la excavación de las calicatas in situ, con una profundidad no menor a 1.5 m del nivel de la sub rasante, el cual será trasladado al laboratorio de suelos, los cuales fueron sujetos a los ensayos de CBR, Próctor Modificado, Límite Líquido y Límite Plástico de acuerdo al ASTM, para estimar la mejor opción de resultados. Para efectos del presente trabajo de investigación, se tomaron en consideración los Ensayos y cantidad de Calicatas a realizar para tomar muestras de los estratos significativos, los mismos que se mandaron al laboratorio, según el Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos en su cuadro 4.1 que se anexa en el presente capítulo.

Se realizarán tres (03) calicatas para efectos de la muestra, contando con una sección considerable y esta será relativa teniendo en cuenta la cantidad de material de suelo que se tendrá que extraer como materia de estudio. Asimismo, se realizó cuatro (04) Ensayos CBR, Proctor Modificado y Límite Líquido y Límite Plástico, para definir cada propiedad físico-mecánica. Cabe resaltar que, la norma indica realizar dos (02) calicatas por 1km y un (01) Ensayo CBR por 2km como mínimo. Es importante indicar que la carretera de estudio consta de una muestra de 1.5km, para los cuales cumple con los

requerimientos mínimos dictados por la norma, según el Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos en su cuadro 4.2 que se anexa líneas abajo.

3.6. Método de Análisis de datos

Se ejecuta a través de la observación directa, de acuerdo a ellos nos permitió analizar cada prueba, ensayada en laboratorio y tomando los apuntes necesarios y correspondiente para nuestros resultados y contrastarlos con nuestra hipótesis.

3.7. Aspectos éticos

Se hizo con total transparencia, veracidad y honradez, ya que se ha respetado el legítimo derecho de autoría citando a los autores según norma.

IV. RESULTADOS

Nombre de la tesis:

Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante por la adición del óxido de calcio, Huamancaca Chico-Chupaca 2021

Ubicación:

Departamento : Junín

Provincia : Chupaca

Distrito : Huamancaca Chico

Ubicación : Chupaca



Figura N°01: Ubicación en el mapa del Perú

Fuente: Google Search



Figura N°02: Mapa de la Region Junin

Fuente: Google Search

Localización:



Figura N° 03: Localización de la carretera Huamancaca chico - Chupaca.

Fuente: Google Maps

El estudio se realizó en la carretera de Huamancaca Chico - Chupaca, donde se hizo 3 calicatas en la siguientes progresivas:

Descripción: Calicata -1:

Progresiva: 1 + 500 m

Profundidad: 1.50 m

Dimensiones: 1.00 x 1.20 m

Lado de vía : Izquierda

Descripción: Calicata -2:

Progresiva: 2 + 1000 m

Profundidad: 1.50 m

Dimensiones 1.00 x 1.20 m

Lado de vía: Derecha



Figura 04: Calicata 1

Fuente: Elaboración propia



Figura 05: Calicata 2

Fuente: Elaboración propia.

Descripción Calicata -3

Progresiva : 3+1500 m

Profundidad : 1.50 m

Dimensiones 1.00 x 1.20

Lado de vía : izquierda



Figura 06: Calicata 3

Fuente: Elaboración Propia.

Trabajo de Laboratorio

Se realizó en total 3 calicatas en diferentes progresivas, según el Manual de Carretera en la sección de suelos y pavimentos, este indica que la carretera pertenece a un bajo volumen de tránsito, menciona que se debe realizar dos calicatas por kilómetro, es por eso que, se realizó 3 ensayos granulométricos para determinar el terreno más desfavorable y de esta forma poder ejecutar los ensayos respectivos para su mejoramiento con los aditivos.

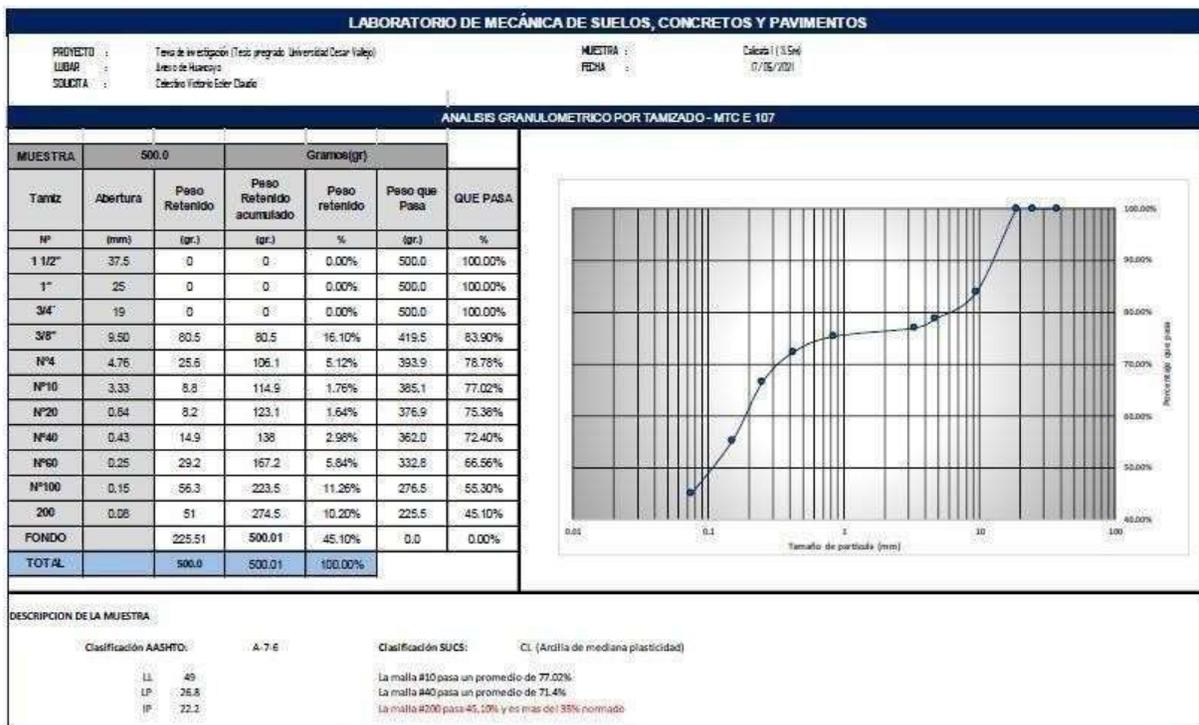


Figura N° 07 Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-1.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. - Según el ensayo granulométrico por tamizado se demostró que el material obtenido de la **CALICATA 01**, pasó el 45.10 % a la malla N° 200 siendo un material con regular cantidad de finos, un 78.78% de material logró pasar por la malla N° 4 siendo considerado un material arenoso y por último un 77.02 % de grava.

De acuerdo a la muestra extraída de la calicata situada en el m 0 + 500 m de la carretera Huamancaca Chico - Chupaca, se evidencio según la clasificación SUCS en

el laboratorio (COLDFIX EIRL) que la muestra es una ARENA ARCILLOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD (CL) y mediante la clasificación AASHTOO pertenece al grupo A-7- 6

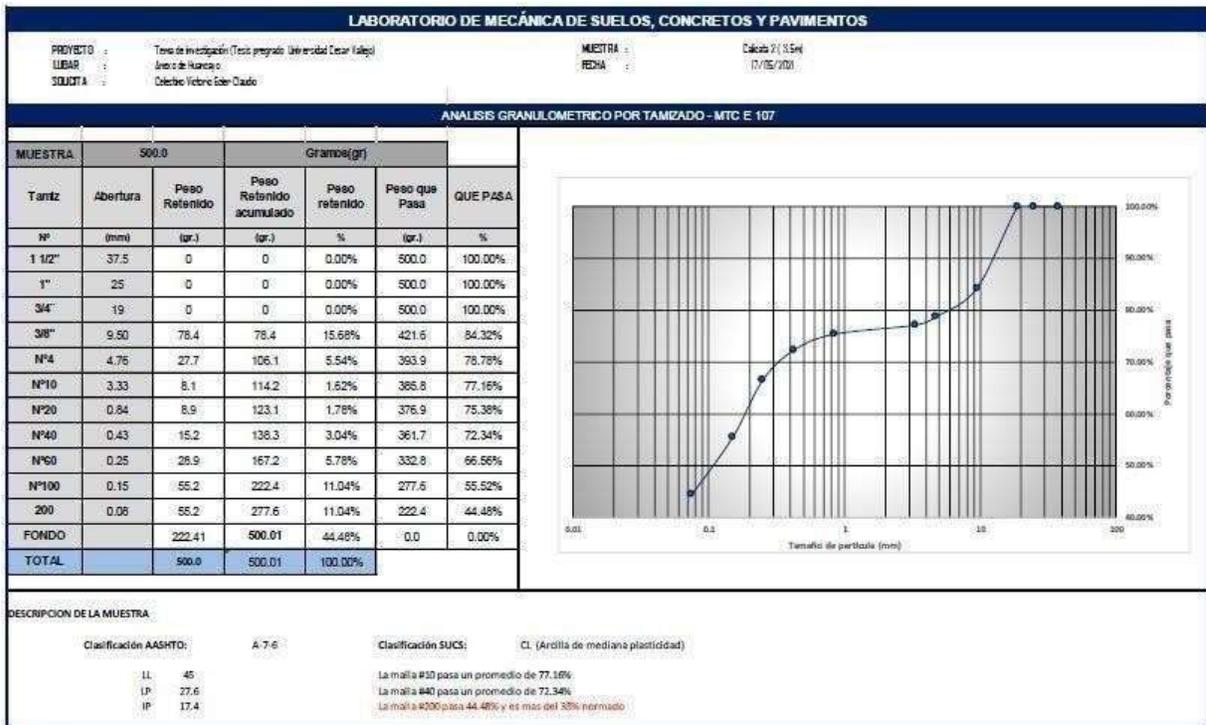


Figura N° 08 Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata -2.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. - Según el ensayo granulométrico por tamizado se observó que el material extraído de la **CALICATA 02**, pasó el 44.48 % a la malla N° 200 siendo un material con regular cantidad de finos, un 78.78% de material logró pasar por la malla N° 4 siendo clasificado un material arenoso y por último un 77.16 % de grava.

De acuerdo, a la muestra extraída de la calicata situada en el m 500 + 1000 de la carretera Huamancaca Chico - Chupaca, se comprobó según la clasificación SUCS en el laboratorio (COLDFIX EIRL) que la muestra es una ARENA ARCILLOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD (CL) y mediante la clasificación AASHTOO pertenece al grupo A-7-6.

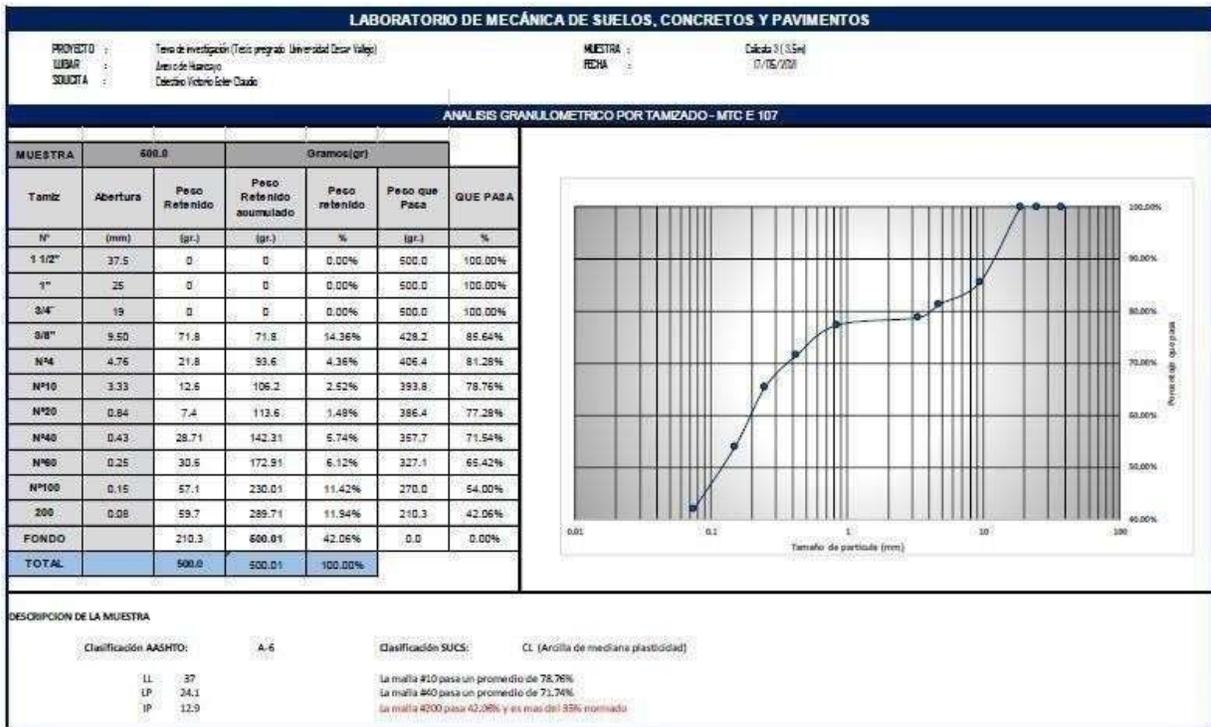


Figura N° 09. Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata -3.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. - Según el ensayo granulométrico por tamizado se observó que el material extraído de la **CALICATA 03**, pasó el 42.06 % a la malla N° 200 siendo un material con regular cantidad de finos, un 81.28% de material logró pasar por la malla N° 4 siendo clasificado un material arenoso y por último un 78.76 % de grava.

De acuerdo a la muestra obtenida de la calicata situada en el m 1000 + 1500 de la carretera Huamancaca Chico - Chico, se comprobó según la clasificación SUCS en el laboratorio (COLDFIX EIRL) que la muestra es una ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA (CL) y mediante la clasificación AASHTO pertenece al grupo A-6

EN CONCLUSIÓN, la calicata N°01 es el terreno meno favorable, por esto se procedió a llevar las muestras al laboratorio y realizar los ensayos de Límites de Atterberg, Próctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR).

Tabla N°05: Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra natural (P)

| ENSAYOS | | CALICATA N°01 |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | 49.58 % |
| LIMITES DE ATTERBERG | Limite liquido | 49.00% |
| | Limite plástico | 26.80% |
| | Indice de plasticidad | 22.20% |
| CLASIFICACIÓN DE SUELOS | SUCS | ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD |
| | AASHTO | A-7-6 |
| PROCTOR MODIFICADO | Óptimo contenido de Humedad (OCH) | 15.50 |
| | Densidad Máxima Seca (DMS) | 2.279 g/cm ³ |
| California Bearing Ratio (CBR) | | 11.94 % |

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 10: Gráfico del límite de consistencia de la muestra natural.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. - Se puede ver que la muestra inicial de la calicata N°01 tiene un 15.5% de contenido de humedad, un Límite Líquido de 49%, Límite Plástico 26.8% y un Índice de plasticidad de 22.2% esto se debe a que la presencia de zonas puquiales y ojos de agua en la zona, razón por el cual siempre ha estado húmedo.

Se puede visualizar que la muestra es altamente arcillosa por lo que se puede contrastar en el ensayo realizado, esto se debe a la alta presencia de humedad, y por el cual al tenerlo en el horno a una temperatura de 110 +/- 5°C presentó una gran diferencia.



Figura N° 11: Gráfico del Optimo Contenido de Humedad inicial.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. - Se ejecutó el ensayo de Proctor modificado de la muestra natural, donde se obtuvo como resultado un 15.5% de CONTENIDO DE HUMEDAD.



Figura N° 12. Gráfico de Máxima Densidad Seca de la muestra inicial.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. - Se hizo el ensayo de Proctor modificado de la muestra natural donde se obtuvo como resultado un 2.279 gr/cm³ de MÁXIMA DENSIDAD SECA.



Figura N° 13: Gráfico del California Bearing Ratio (CBR) de la muestra Natural

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación. – Al hacer el ensayo de California Bearing Ratio se pudo tener como referencia la muestra del suelo patrón que tuvo una densidad de 2.279 g/cm³ y un contenido de humedad de 15.5 %. La muestra luego de ser llevada a saturación se midió su capacidad portante o resistencia con una penetración al 0.1” el cual indicó el CBR al 95% un 8.56% y CBR al 100% un 11.94%.

Esto indica que, para la subrasante, el suelo natural es muy pobre.

Objetivo 1:

Determinar la influencia de la Adición del óxido de calcio sobre el CBR de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

El Ensayo CBR se encarga de medir la resistencia con respecto al esfuerzo cortante de un suelo de subrasante, capas de base, subbase y afirmado, basándose en las normas AASHTO T193 y ATM D1883. Para este ensayo se utilizó un molde metal cilíndrico donde

se buscó obtener una resistencia a la penetración por punzonado por un vástago para una muestra, también se observó que existen un tanque para la inmersión de probetas compactadas, así como también un pisto de penetración para determinar los resultados. En la presente investigación se realizaron dicho ensayo adicionando 0%, 6%, 9% y 12% de óxido de calcio.

Evidencia Fotográfica



Figura N° 14: Ensayo CBR.

Fuente: Elaboración propia



Figura N°15: Ensayo CBR

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 06: *Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación de Oxido de Calcio.*

| CALICATA N°01 | California Bearing Ratio (CBR) al 95% | California Bearing Ratio (CBR) al 100% |
|---------------------------|--|---|
| SUELO NATURAL (SN) | 8.56% | 11.94% |

| | | |
|------------|--------|--------|
| SN+6% CAL | 20.76% | 27.02% |
| SN+9% CAL | 26.86% | 40.54% |
| SN+12% CAL | 20.51% | 25.04% |

Fuente: Elaboración propia.

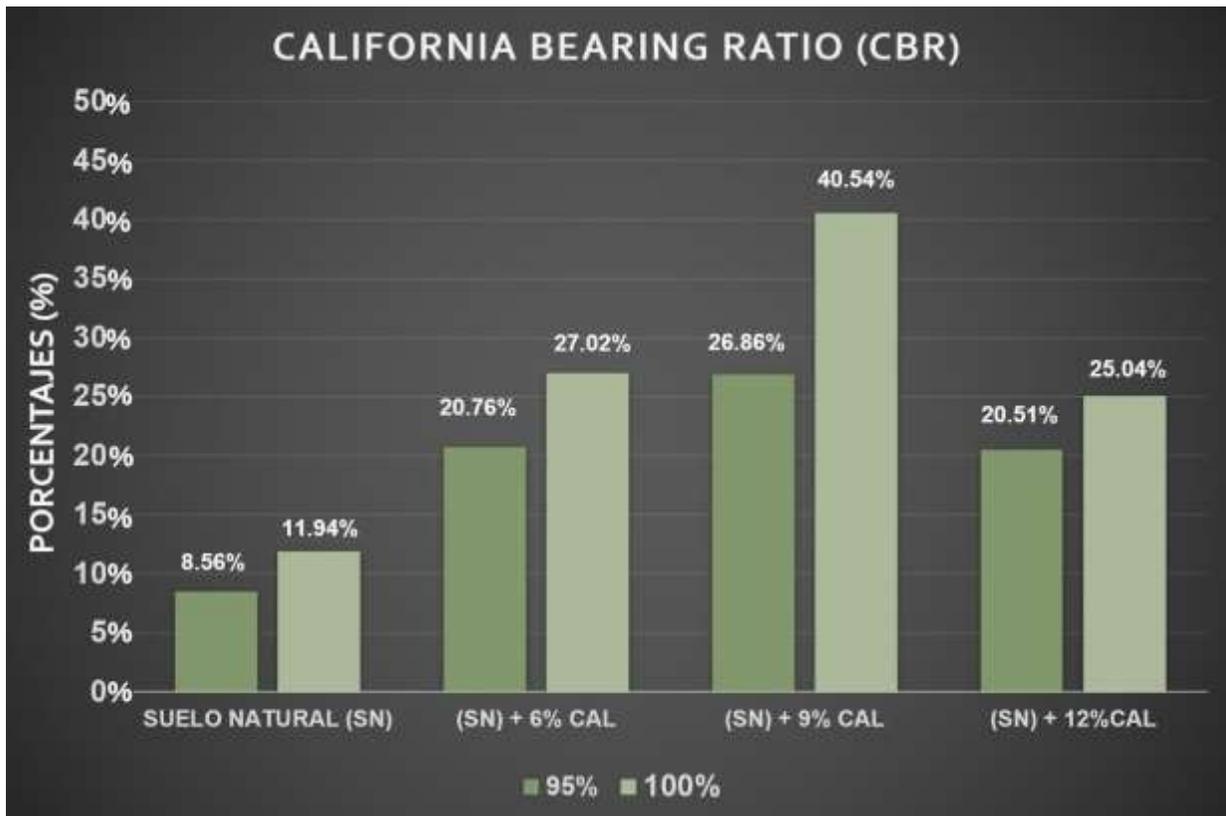


Figura N° 16: Gráfico del Ensayo de CBR con la incorporación de Óxido de Calcio.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. Al ejecutar el ensayo de CBR se pudo observar el gran impacto positivo de los estabilizantes en el suelo de tipo arcilloso, donde el porcentaje de CBR y la cantidad de aditivo y polímero son directamente proporcionales. Teniendo un inicial

del 95% en un 8.56% y finaliza con un 26.86 %, asimismo al 100% se tiene un porcentaje inicial de 11.94% y al terminar se obtiene un 40.54%, siendo un material óptimo para la estabilización de una Subrasante de un suelo de tipo arcilloso de mediana plasticidad.

Para poder llegar a nuestro objetivo propuesto, desarrollaremos un proceso de etapas previas a cada actividad a realizarse, de modo que estas nos ayuden a establecer los aspectos de planeamiento que será nuestro patrón de control que nos orientará hacia la meta establecida, esta función se orientará a realizar las acciones de supervisión donde se aplicarán los procesos, etapas y el uso adecuado de cada material, insumo y recurso, ya sea en cantidad, tiempo, calidad, costos y entre otros factores.

Objetivo 2:

Determinar la influencia de la adición de óxido de calcio en la plasticidad de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

Los límites de Atterberg, se emplean para caracterizar el comportamiento de los suelos , así como también determinar su grado de sensibilidad para su respectiva clasificación. Estos ensayos son el limite liquido limite plástico e índice de plasticidad. Para los siguientes casos se utilizó la cuchara de Casagrande y se hicieron unos palillos de 3 mm, de forma que se pudo determinar el limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad, para ello se formaron pequeños cilindros de espesor con el suelo, para finalmente ser llevados a un horno , para la presente investigación se hicieron las muestras con la adición de oxido de calcio en 0%, 6%, 9 % y 12%.

Evidencia Fotografica



Figura N° 17: Copa de casagrande.

Fuente: Elaboración propia



Figura N°18: Pequeños cilindros 3mm

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 07: *Ensayo de Atterberg con la incorporación del óxido de calcio.*

| | Límite Líquido | Límite Plástico | Índice de plasticidad |
|--------------------|----------------|-----------------|-----------------------|
| SUELO NATURAL (SN) | 49.00% | 26.80% | 22.20 % |
| SN+6% CAL | 44.00% | 32.14% | 11.86 % |
| SN+9% CAL | 43.00% | 35.41% | 7.59% |
| SN+12% CAL | 44.00% | 31.17% | 12.83 % |

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 19: Gráfico del Ensayo de Atterberg con la incorporación del Oxido de Calcio.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Los ensayos de Límite de consistencia con la adición de distintos porcentajes del Óxido de Calcio presentaron resultados óptimos para un suelo CL (Arcillade mediana Plasticidad) ya que disminuyó el Índice de plasticidad (IP) de la muestra natural. Inicialmente se tuvo como resultado que el IP de la calicata N° 01 fue un 22.2%, pero, al adicionar mayor porcentaje del Óxido de Calcio se puede evidenciar una reducción del IP de la muestra natural, tal es el caso que al adicionar un 9% de Óxido de Calcio redujo ampliamente el Índice de plasticidad de un 22.2% a un 7.59%, mejorando así sus propiedades mecánicas del suelo de tipo CL.

Objetivo 3:

Determinar la influencia de la adición de óxido de calcio respecto al contenido de humedad de la subrasante Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

El ensayo Proctor se encargó de determinar la densidad seca máxima del terreno en estudio en función del grado de humedad, con una energía de compactación determinada. Según el Manual de Ensayos del MTC existen dos tipos de ensayos los cuales son el Ensayo Proctor Standard, y el Ensayo Proctor Modificado Ambos tipos usan diferente cantidad de energía, esta varía según la cantidad de golpes, el pisón (varia peso y altura), la cantidad de capas y el molde. En el presente trabajo de investigación se empleó la adición de óxido de calcio en el suelo natural con un 0%, 6%, 9% y 12%.

Evidencia fotográfica



Figura N° 20: Molde de Proctor con la muestra

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°08. Óptimo Contenido de Humedad (OCH) y Máxima Densidad Seca (MDS) con la incorporación de Óxido de Calcio.

| CALICATA N°01 | Optimo Contenido de Humedad (OCH) | Máxima Densidad Seca (MDS) |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| SUELO NATURAL (SN) | 15.5% | 2.279 gr/cm ³ |
| SN+6% CAL | 17.5% | 2.282 gr/cm ³ |
| SN+9% CAL | 19.1% | 2.30 gr/cm ³ |
| SN+12 % CAL | 21.5% | 2.294 gr/cm ³ |

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 21: Grafico del óptimo CH con la incorporación de Óxido de Calcio.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. El Óptimo CH es directamente proporcional a la adición del Oxido de Calcio, quiere decir que a mayor incorporación del Oxido de Calcio, mayor será el Óptimo contenido de humedad, un ejemplo es que al incorporar un 6% de Oxido de Calcio a la muestra natural, aumento el Optimo CH de 15.5 % a un 21.5%.

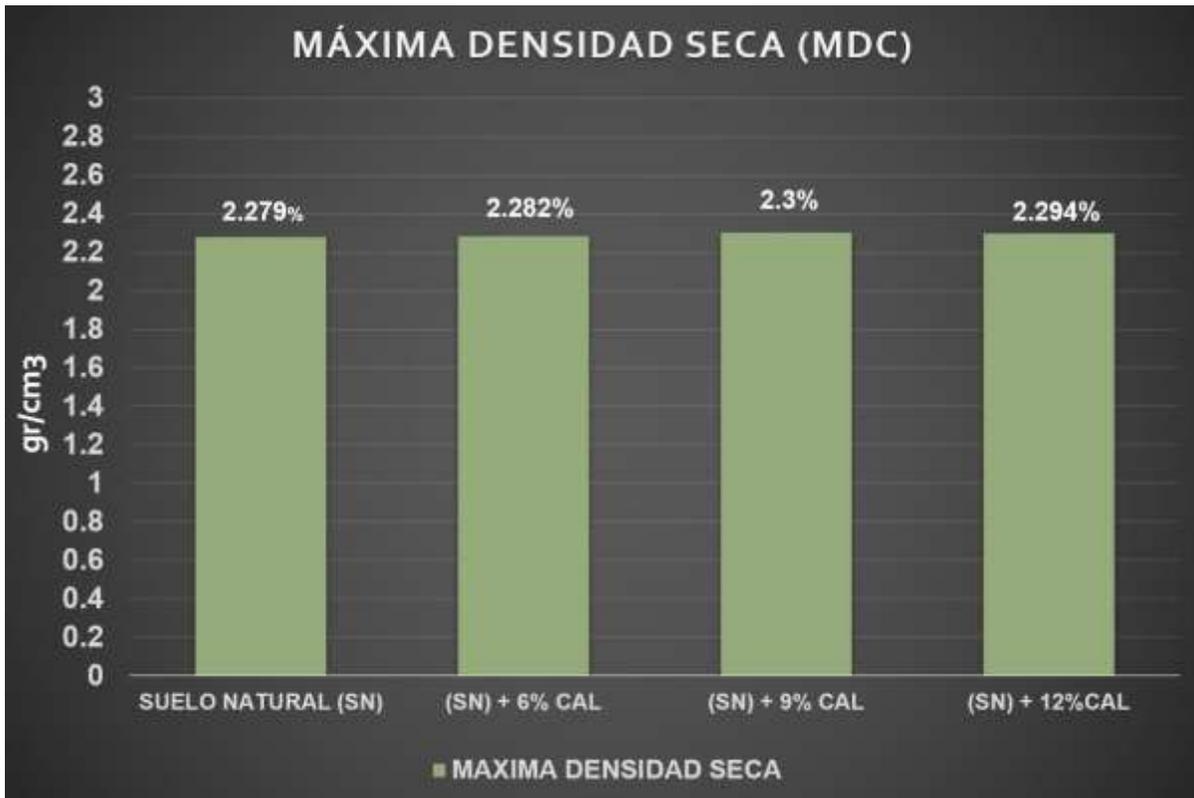


Figura N° 22: Grafico de la MDS con la incorporación de Oxido de Calcio.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. La Máxima Densidad Seca es directamente proporcional a la adición del Oxido de Calcio, quiere decir que a mayor dosificación de Oxido de Calcio, mayor el valor de la Máxima Densidad Seca, un ejemplo es que al incorporar un 9% de Oxido de Calcio a la muestra patrón aumenta la Máxima Densidad Seca de 2.279 g/cm³ a 2.30 g/cm³.

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se obtuvo como resultado que se acepta la hipótesis general planteada, ya que se afirma que existe una relación directa entre la adición de óxido de calcio en diversos porcentajes y las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, también se logró cumplir con los objetivos planteados tanto como el general y los específicos, determinando que la adición del óxido de calcio tiene una relación muy positiva con el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, ya que esto se demuestra con los ensayos realizados según el Manual de carreteras y pavimentos.

El estudio tuvo como objetivo primero la influencia de la adición del óxido de calcio sobre el CBR de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021, por lo cual se buscará constatar cada hallazgo de los diversos autores que aparecen en los antecedentes, con la finalidad de dar apoyo para alcanzar las metas propuestas, los cuales se detalla de la siguiente forma:

Gavilanes (2015), en su investigación la cual tuvo como objetivo el análisis de las propiedades físicas - mecánicas de estabilización y modificación del suelo adicionando en diferentes porcentajes cemento y cal, se determinó la estabilización de la plasticidad del material adicionado en la subrasante. Los resultados obtenidos fueron que dichas capas de subrasante tratadas con el cemento y cal sufrieron unas deflexiones muy bajas y la cual da un mayor periodo de vida, además las capas son resistentes a los movimientos lo cual se da por la repetición de cargas. Se determinó que dichos suelos tratados mediante cemento y cal elevan el soporte para que mejore la subrasante, ya que incrementa el índice de CBR para el tipo de suelo estudiado.

Al iniciar la investigación y en base a la clasificación de suelos, el terreno natural fue clasificado como suelo de tipo arcilloso, con un contenido de humedad inicial de 15.50% y a medida que se incorporaba en forma aumentativa el óxido de calcio desde un 6% (29.02%), 9% (40.54%) y por último 12% (25.04%) ,se obtuvo que el aumento

de cal es directamente proporcional al CBR, siendo el mejor resultado el de 9% aumentando hasta un 40.54%, obteniendo un CBR más que óptimo para el suelo arcilloso en estudio.

Tabla N°09 CBR en combinación con porcentajes de 2,4,6,8% de cemento o cal

| ENSAYO C.B.R. | SUELO REAL | PORCENTAJE DE ESTABILIZADOR | | | |
|---------------|------------|-----------------------------|-------|-------|-------|
| | | 2% | 4% | 6% | 8% |
| MOLDE 1 | 21,6 | 22,78 | 23,85 | 23,41 | 23,25 |
| MOLDE 2 | 23,7 | 27,49 | 29,23 | 29,16 | 27,54 |
| MOLDE 3 | 30,1 | 30,8 | 33,29 | 33,48 | 32,57 |

Fuente: Gavilanes (2015)

En la investigación de Gavilanes (2015), influyó favorablemente en el índice de CBR del suelo, en el cual se adicionó en diversos porcentajes de cemento o cal (2%, 4 %, 6% y 8%) al suelo natural, aumentando el índice de CBR. Es por esto que se demuestra en nuestra investigación que, al incrementarse los diferentes porcentajes de óxido de calcio en el terreno natural en estudio, aumenta el índice de CBR, siendosimilares al antecedente.

El objetivo dos fue poder determinar cómo influye el adicionar el óxido de calcio en la plasticidad de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

De la misma manera García (2015), en su estudio tuvo como finalidad la evaluación de la resistencia de subrasante al adicionar oxido de calcio estructural al suelo limo arcilloso; se tomó como muestra de suelo que se extrajo de una calicata para los ensayos, los instrumentos empleados fueron todo los ensayo se suelo, se determinó que la adición del óxido de calcio en diferentes porcentajes aumentó la resistencia subrasante en suelo limo arcilloso, obteniendo un suelo mejorado⁵, también se obtiene que el limite líquido y limite plástico van disminuyendo según se aumenta el porcentaje de cal, así como también el índice de plasticidad.

En la presente investigación, el terreno natural presentaba un índice de plasticidad del 22.20% pero al incorporar el óxido de calcio con 6% (10.12), 9% (9.77) y 12% (11.35) estos se reducen, siendo el mejor resultado 9%, que lo hizo llegar hasta un 9.77% (Óptimo: Resultado matemático más favorable), siendo similar al antecedente.

Tabla N°09 Ensayos al suelo natural

| | | Suelo Natural | Suelo Natural + 2% de Cal | Suelo Natural + 4% de Cal | Suelo Natural + 6% de Cal | Suelo Natural + 8% de Cal |
|-----------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| LIMITES DE ATTERBERG | Límite líquido | 39.36% | 33.39% | 31.37% | 27.82% | 23.45% |
| | Límite plástico | 28.11% | 26.03% | 25.39% | 23.03% | 19.81% |
| | Índice de plasticidad | 11.26% | 7.37% | 5.97% | 4.78% | 3.64% |
| PROCTOR MODIFICADO | Densidad max. Seca | 1.898 | 1.929 | 1.95 | 1.96 | 1.98 |
| | OCH | 10.70% | 12.90% | 11.98% | 11.95% | 10.21% |
| CBR | CBR al 95% a 0.1" | 5.20% | 5.30% | 6.30% | 7.20% | 8.05% |
| | CBR al 95% a 0.2" | 5.40% | 5.70% | 6.60% | 7.50% | 8.30% |

Fuente: García (2015)

En la investigación de García (2015), se adicionó diversos porcentaje de cal a la subrasante (2%, 4%, 6% y 8%) , donde obtuvo resultados en el cual el índice de plasticidad disminuyó conforme se aumentaban los porcentaje de cal, y es por esto que con la adición de óxido de calcio se obtuvieron resultados identicos al disminuir el índice de plasticidad por medio de los ensayos de Límite Líquido y límite Plástico, se afirma la influencia que tuvo los diferentes porcentajes de óxido de calcio en el terreno natural, ya que disminuyó progresivamente el índice de plasticidad, siendo similar al antecedente.

Por último, el tercer objetivo fue determinar la influencia de la adición de óxido de calcio respecto al contenido de humedad de la subrasante Huamancaca Chico-Chupaca 2021.

Por su parte Moale - Rivera (2019), tuvieron como objetivo principal aumentar la capacidad de soporte de la subrasante mediante la estabilización química del suelo en estudio con un porcentaje óptimo de cal, la metodología empleada fue de tipo experimental, se tomó como muestra de suelo que se sustrajo de una calicata para los ensayos, los instrumentos empleados fueron todos los ensayos de suelo, se concluyó de acuerdo al índice de plasticidad del suelo por los métodos AASHTO Y SUCS, que una

muestra se clasifico como una arcilla de baja plasticidad CL de acuerdo a SUCS y A-6(8) de acuerdo a AASHTO, por lo que se clasifica el terreno de fundación en estudio entre regular y malo. También se determinó que con la adición de óxido de calcio en un 15% al suelo natural aumenta en un 78.8% por lo que se mejora las propiedades del suelo.

Al realizar el ensayo de optimo contenido de humedad del suelo en estado natural, el resultado fue 15.5% y en la medida que se incorporó el óxido de calcio en 6% (17.5%), 9% (19.10%) y 12% (21.50%), se determinó que el porcentaje es directamente proporcional al CH, ya que a más cantidad de cal aumenta el contenido de humedad.

Tabla N°10 Compactación Proctor y CBR

Compactación Proctor y CBR

| % de Cal | D_{smax} (gr/cm³) | W% | CBR (0.1'') al 95% de la MDS | CBR (0.1'') al 100% de la MDS | % de variación de CBR |
|-----------------|---|-----------|---|--|----------------------------------|
| 0% | 1.85 | 13.4 | 3.3 | 3.7 | 10.81% |
| 9% | 1.87 | 14.6 | 3.8 | 5.1 | 34.21% |
| 15% | 1.89 | 14 | 5.9 | 6.4 | 8.47% |
| 21% | 1.88 | 16.6 | 4.1 | 5.1 | 24.39% |

Nota: Los resultados fueron obtenidos directamente del laboratorio de mecánica de suelos de la empresa MRA y ASOCIADOS

Fuente: Moale, Rivera (2019)

En la investigación de Moale, Rivera (2019) se adicionó cal en diversos porcentajes (0%, 9%, 15% y 21%) obteniendo un aumento del contenido de humedad como se muestra en la tabla. Con la adición de con el óxido de calcio, se obtuvieron resultados favorables, pues se mostró que la adición de cal es directamente proporcional al valor del CH, ya que la adición de óxido de calcio en diversos porcentajes aumenta el contenido de humedad, siendo similar al antecedente.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo General, Se estimó que, la estabilización de la subrasante con óxido de calcio, mejora positivamente las propiedades de la subrasante (del suelo de fundación) encontrado en la carretera de Huamancaca chico-Chupaca , observando su evaluación en sus propiedades físicas y mecánicas: 1) al aumentar el índice de CBR del suelo ;2) al disminuir el contenido de humedad del límite líquido y al disminuir el índice de plasticidad en los Límites de Atterberg; y 3) al aumentar el óptimo contenido de humedad.

Objetivo Específico 1, Se determinó la dependencia del porcentaje de óxido de calcio en el ensayo de CBR, ya que influyó en el aumento del mismo, pasando de 8.56% a 11.94% en el suelo natural, de 20.76% a 27.02% al emplearse un 6 % de óxido de calcio, de 26.86% a 40.54% al emplearse un 9% e óxido de calcio y de 20.51% a 25.04% al emplearse un 12% donde se muestra que la curva tiene un quiebra, siendo el óptimo porcentaje 9% de cal. Dicho esto, la influencia de mejora positiva está directamente relacionada con los porcentajes propuestos, respecto al índice de CBR, el cual queda contrastado.

Objetivo Específico 2, Se estableció la dependencia del porcentaje de óxido de calcio en los ensayos de Límites de Atterberg, ya que disminuyó el índice de plasticidad hasta un 11.86% con respecto al suelo natural en estudio , al aplicar un 6% de óxido de calcio; se obtuvo un 7.59% al aplicar un 9% de óxido de calcio y finalmente un 12.83% al aplicar un 12% de óxido de calcio, observando un significativo aumento, por lo que se obtiene como mejor resultado un 9% .Es por ello que la influencia de mejora está directamente relacionada con los porcentajes propuestos, respecto al índice de plasticidad, el cual queda contrastado.

Objetivo Específico 3, Se estableció la dependencia del óxido de calcio con el contenido de humedad de la subrasante, debido a que inicialmente se tiene un suelo natural con un 15.5% de óptimo contenido de humedad; gradualmente se adicionaron los porcentajes de 6%, 9% y 12% de cal donde se observó una curva ascendente con resultados de 15.5%, 17.5%, 19.1% y 21.5% respectivamente; entonces la influencia del óxido de calcio está directamente relacionada con los porcentajes propuestos, respecto al contenido de humedad, el cual queda contrastado.

VII. RECOMENDACIONES

Objetivo Específico 1, En la presente investigación al elegirse porcentajes de óxido de calcio que iban desde un 6% hasta un 12%, en donde se logró el aumento del índice de CBR, sin embargo, se observó que con un 12% dicho índice empezó a disminuir; por lo que, para futuras Investigaciones, recomendamos incrementar porcentajes mayores a 9% de óxido de calcio, hasta obtener un punto máximo en la curva del CBR.

Objetivo Específico 2, En la presente investigación al elegirse porcentajes del óxido de calcio, que iban del 6% ,9% y 12% , El IP del suelo natural disminuyó de 22.2% al 11.86% al adicional un porcentaje de óxido de calcio de 6%, pero al incrementar hasta un 12% de cal , la resistencia aumento hasta un 12.83% , lo cual se nota la caída de la curva del IP, obteniendo el resultado optimo un 9% de cal; por lo que, se recomienda buscar la curva de caída para determinar el índice de plasticidad máximo, ya que en la presente investigación se determinó que el óptimo calculado matemáticamente un 9%, ya que producirá un índice de plasticidad de 7.59%.

Objetivo Específico 3, En la presente investigación al elegirse los porcentajes del oxido de calcio que eran 6%, 9 % y 12%, en todas ellas se logró el aumento del optimo contenido de humedad; por lo cual, para continuar la Investigación se recomienda obtener la curva del óptimo contenido de humedad.

REFERENCIAS

1. RICO .A, TELLEZ .R , GARNICA P. "Pavimentos flexibles Problemática, metodologías de diseño y tendencias" [en línea]. Queretaro: Instituto Mexicano del Transporte , 1998 pagina 95-115, Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt104.pdf>
2. GAVILES BAYAS, Erick Gionvanny ,2017. "Estabilizacion Y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal y Cemento Para una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur" [en línea]. página 2, Septiembre 2020 [Fecha de consulta: 06 octubre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2191>
3. PICO NUÑEZ, Juan Carlos ,2016. "Análisis comparativo de la estabilizacion de la subrasante de la vía entre las comunidades de teligote y masabachos de la parroquia benitez canton san pedro de pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma" [en línea]. Noviembre 2020 [Fecha de consulta: 15 noviembre 2020]. pagina 4 Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24050>
4. HERNANDEZ, MEJIA, ZELAYA, 2016- "Propuesta de estabilizacion de suelos arcillosos para su aplicación en pavimntos rigidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de el Salvador" [Fecha de consulta: 05 octubre 2020]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14342/1/50108285.pdf>
5. GARCIA GONZALES, Anabelen ,2015. "Determinacion de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcillosos del sector 14 Mollepampa de Cajamarca" [en línea]. Septiembre 2020 [Fecha de consulta: 01 octubre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7327/Garc%c3%ada%20Gonzales%20Anabel%c3%a9n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. MOALE,RIVERA ,2019. "Estabilizacion quimica de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vias terrestres de la localidad de Villa Rica" [en línea]. pagina 4, Octubre 2020 [Fecha de consulta: 01 octubre 2020]. Pag 25-27

7. MOALE, RIVERA, 2019. "Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica" [en línea]. pagina 4, Octubre 2020 [Fecha de consulta: 01 octubre 2020]. Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648846/MoaleQ_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y
8. CUADROS SURICHAQUI, Claudia Maria, 2017. "Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la Subrasante en una vía afirmada de la red vial Departamental de la región Junín mediante la Estabilización química con óxido de calcio – 2016" [en línea]. pagina 4 Octubre 2020 [Fecha de consulta: 01 octubre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/297/Cadros%20Surichacqui%20Claudia%20Maria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. SINAN COBAN, Haluk, 2017. "The Use of Lime sludge for soil stabilization" [online]. page 4, [Cited October 01, 2020]. Available in: <https://lib.dr.iastate.edu/etd>
10. JABAR RASUL, 2016- "Investigating The Use of Stabilized Subgrade Soils For Road Pavements in Kurdistan" [Cited October 03, 2020]. Available in: <https://theses.bham.ac.uk/id/eprint/6819/1/Rasul16PhD.pdf>
11. JABAR RASUL, 2016- "Investigating The Use of Stabilized Subgrade Soils For Road Pavements in Kurdistan" [Cited October 03, 2020]. Available in: <https://theses.bham.ac.uk/id/eprint/6819/1/Rasul16PhD.pdf>
12. JABAR RASUL, 2016- "Investigating The Use of Stabilized Subgrade Soils For Road Pavements in Kurdistan" [Cited October 03, 2020]. Page 30 Available in: <https://theses.bham.ac.uk/id/eprint/6819/1/Rasul16PhD.pdf>
13. JABAR RASUL, 2016- "Investigating The Use of Stabilized Subgrade Soils For Road Pavements in Kurdistan" [Cited October 03, 2020]. page 48 Available in: <https://theses.bham.ac.uk/id/eprint/6819/1/Rasul16PhD.pdf>
14. MOEEN NAZARI, Norman 2016- "Laboratory And Field Assessment Of Chemically -Stabilized Subgrade Moduli Under Compressive And Flexural Loading" [Cited October 03, 2020]. Page 12 Available in: <https://hdl.handle.net/11244/47056>

15. MOEEN NAZARI, Norman 2016- "*Laboratory And Field Assessment Of Chemically -Stabilized Subgrade Moduli Under Compressive And Flexural Loading*" [Cited October 03, 2020]. Page 22 Available in: <https://hdl.handle.net/11244/47056>
16. MOEEN NAZARI, Norman 2016- "*Laboratory And Field Assessment Of Chemically -Stabilized Subgrade Moduli Under Compressive And Flexural Loading*" [Cited October 03, 2020]. Page 28 Available in: <https://hdl.handle.net/11244/47056>
17. MOEEN NAZARI, Norman 2016- "*Laboratory And Field Assessment Of Chemically -Stabilized Subgrade Moduli Under Compressive And Flexural Loading*" [Cited October 03, 2020]. Page 35 Available in: <https://hdl.handle.net/11244/47056>
18. SINAN COBAN , Haluk 2017. "*The Use of Lime sludge for soil stabilization*" [online]. page 4 October 2020 [Cited October 01, 2020]. Available in: <https://lib.dr.iastate.edu/etd>
19. SINAN COBAN , Haluk 2017. "*The Use of Lime sludge for soil stabilization*" [online]. page 5 October 2020 [Cited October 01, 2020]. Available in: <https://lib.dr.iastate.edu/etd>
20. ESCOLA, E, "*Estabilización química de subrasantes usando cal viva: Carretera Neshuya Pucallpa2* :Universidad Nacional de Ingeniería, 2009, pag 29
21. ESCOLA, E, "*Estabilización química de subrasantes usando cal viva: Carretera Neshuya Pucallpa2* :Universidad Nacional de Ingeniería, 2009, pag 32
22. GARCIA, J, "*Estabilización de suelos arcillosos con Cal aplicación a la carretera Tingo Maria – Pucallpa sector III: Neshuya – Pucallpa*":Universidad Nacional de Ingeniería, 2015, pag 32
23. GARCIA, J, "*Estabilización de suelos arcillosos con Cal aplicación a la carretera Tingo Maria – Pucallpa sector III: Neshuya – Pucallpa*":Universidad Nacional de Ingeniería, 2015, pag 39

24. GARCIA, J, *“Estabilización de suelos arcillosos con Cal aplicación a la carretera Tingo Maria – Pucallpa sector III: Neshuya – Pucallpa”*:Universidad Nacional de Ingeniería, 2015, pag 32 <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5524>
25. ELIZONDO, NAVAS,SIBAJA, *“Efecto de la Cal en la Estabilizacion de Subrasantes”*:Universidad de Costa Rica, 2010, pag 32
26. QUIMICA.ES, *Oxido de calcio*, [en línea] [citado el 16 de noviembre de 2021]. Disponible en : <https://www.calcinor.com/es/productos/oxido-de-calcio-cal-viva/>
27. QUIMICA.ES, *Oxido de calcio*, [en línea] [citado el 16 de noviembre de 2021]. Disponible en : <https://www.calcinor.com/es/productos/oxido-de-calcio-cal-viva/>
28. QUIMICA.ES, *Oxido de calcio*, [en línea] [citado el 16 de noviembre de 2021]. Disponible en : <https://www.calcinor.com/es/productos/oxido-de-calcio-cal-viva/>
29. QUIMICA.ES, *Oxido de calcio*, [en línea] [citado el 16 de noviembre de 2021]. Disponible en : <https://www.calcinor.com/es/productos/oxido-de-calcio-cal-viva/>
30. CULQUI ROMERO, Marco Antonio ,2017. *”Influencia de la Calidad De Las Calizas Para La Produccion de Cal Viva en la Calera la Conga del Caserio De Sogoron Alto Distrito De La Encañada, Cajamarca 2017* [en línea]. *pagina 18* Octubre 2020 [Fecha de consulta: 16 noviembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11358/Culqui%20Romero%20Marco%20Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
30. NTP 339.127, Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo [en línea] 1999. Perú :Norma Técnica Peruana [citado el 11 de julio de 2021]. Disponible en : file:///C:/Users/LP/Downloads/vdocuments.mx_ntp-339127-contenido-de-humedad.pdf
31. NTP 339.129.1999, Método de ensayo para determinar el limite líquido, limite plástico, e índice de plasticidad de suelos [en línea]. 1999. Perú: Norma Técnica Peruana. 25 p [fecha de consulta 11 julio 2021]. Disponible en: file:///C:/Users/LP/Downloads/vdocuments.net_ntp339129-1999-limites.pdf

32. NTP 339.145.1999, Método de ensayo de CBR (Relacion de Soporte de California) de suelos compactados en laboratorio [en línea]. 1999. Perú: Norma Técnica Peruana. 45 p. [fecha de consulta 11 julio 2021]. Disponible en: file:///C:/Users/LP/Downloads/qdoc.tips_ntp-339145-1999-suelos-cbr.pdf
- 32.NTP-339.141-1999, Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2,700 kN.m/m³ (56,000 pie.lbf/pie³)) [en línea]. 2014. Perú: Norma Técnica peruana. 15 p. [fecha de consulta 11 julio 2021]. Disponible en: https://kupdf.net/download/ntp-339141-1999-suelos-metodo-de-para-la-compactacion-del-suelo-en-laboratorio_5d2edc9ce2b6f5f22b7f45cc_pdf
34. ARIAS G. El Proyecto de Investigación, Introducción a la metodología científica [en línea]. 6ta edición. Venezuela: EDITORIAL EPISTEME, C.A, 2012, 79 p. [fecha de consulta 03 julio 2021]. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdfhttps://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION
35. CALTEK. ¿Qué es la cal? y sus funciones [en línea]. 2021. Colombia: p 1,2,3 . [fecha de consulta 04 julio 2021]. Disponible en: <https://caltek.com.co/funciones-de-la-cal-hidratada/>
36. CALCINOR. La cal, un producto-tres efectos, en la estabilización de suelos [en línea]. 2020. Perú: Viceministerio de transportes. 37 p. [fecha de consulta 06 julio 2021]. Disponible en: <https://www.calcinor.com/es/actualidad/reviews-producto/cal-estabilizacion-de-suelos>
37. CALCINOR. La cal, un producto-tres efectos, en la estabilización de suelos [en línea]. 2020. Perú: Viceministerio de transportes. 37 p. [fecha de consulta 06 julio 2021]. Disponible en: <https://www.calcinor.com/es/actualidad/reviews-producto/cal-estabilizacion-de-suelos>

38. ARIAS G. El Proyecto de Investigación, Introducción a la metodología científica [en línea]. 6ta edición. Venezuela: EDITORIAL EPISTEME, C.A, 2012, 38 p. [fecha de consulta 03 julio 2021]. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdfhttps://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION
39. PALELLA ,S , MARTINS ,F, Metodología de la investigación Cuantitativa [en línea]. 3 era edición.2012. Venezuela: 55 p. [fecha de consulta 06 julio 2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/LP/Downloads/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20cuantitativa%20-%20santa%20palella%20stracuzzi%20y%20feliberto%20martins%20pestana.pdf>
40. ARIAS G. El Proyecto de Investigación, Introducción a la metodología científica [en línea]. 6ta edición. Venezuela: EDITORIAL EPISTEME, C.A, 2012, 97 p. [fecha de consulta 07 julio 2021]. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdfhttps://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION
41. ARIAS G. El Proyecto de Investigación, Introducción a la metodología científica [en línea]. 6ta edición. Venezuela: EDITORIAL EPISTEME, C.A, 2012, 138 p. [fecha de consulta 07 julio 2021]. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdfhttps://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION
42. CHAVEZ, R. Introducción a la metodología de la investigación. Machala, Ecuador : Universidad Técnica de Machala. [en línea]. Ediciones UTMATCH [fecha de consulta 07 julio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6785>

43. HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C, BAPTISTA, P. Metodología de la investigación. [en línea]. 6ta ed. México: Interamericana Editores, S.A, 2014. 147 p. [fecha de consulta 09 julio 2021]. ISBN:978-1-4562-2396-0. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
44. HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C, BAPTISTA, P. Metodología de la investigación. [en línea]. 6ta ed. México: Interamericana Editores, S.A, 2014. 151 p. [fecha de consulta 09 julio 2021]. ISBN:978-1-4562-2396-0. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

ANEXOS

ANEXO N°1 : MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN | | | | | |
|---|--|---|--|--|---|
| TITULO | Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante por la adición del óxido de calcio, Huamancaca Chico-Chupaca 2021 | | | | |
| VARIABLES | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
| OXIDO DE CALCIO (Variable Independiente) | <p>Óxido de calcio o cal, de fórmula CaO. Esta palabra interviene en el nombre de otras sustancias, como por ejemplo la «cal apagada» o «cal muerta», que es hidróxido de calcio, Ca (OH)2, También se denomina cal viva Este material utilizado para hacer mortero de cal se obtiene de las rocas calizas calcinadas a una temperatura entre 900 y 1200 °C, durante días, en un horno rotatorio o en un horno tradicional, romano o árabe(Moale,2016, p 22)</p> | <p>El óxido de calcio es un compuesto químico que al ser empleado como estabilizador químico de suelos, este puede aumentar o mantener las propiedades físicas y la estabilidad de una masa de terreno.</p> | <p>Incorporación de óxido de calcio con respecto al peso del suelo</p> | Adición del óxido de calcio al 6% | <p>Balanza calibrada del laboratorio para los ensayos respectivos</p> |
| | | | | Adición del óxido de calcio al 9% | |
| | | | | Adición del óxido de calcio al 12% | |
| SUBRASANTE (Variable dependiente) | <p>La subrasante se denomina al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento. En la década del 40, el concepto de diseño de pavimentos estaba basado en las propiedades ingenieriles de la subrasante. Estas propiedades eran la clasificación de suelos, plasticidad, resistencia al corte, susceptibilidad a las heladas y drenaje (Gavilanes,2016,p35).</p> | <p>Para el mejoramiento de la subrasante se adicionaran tres dosificaciones de óxido de calcio para analizar su influencia en el contenido de humedad, indice de plasticidad y la resistencia al esfuerzo</p> | Contenido de humedad | IProctor modificado | Ensayo Proctor (ASTM D 1557) |
| | | | Indice de plasticidad | Limite Liquido Limite Plastico Indice de plasticidad | Ensayos de Limites Atterberg (ASTM D 1557) |
| | | | Resistencia al esfuerzo | Ensayo Proctor | Ensayo de CBR (ASTM D 1883) |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

| MATRIZ DE CONSISTENCIA | | | | | | | |
|---|--|--|---|--|--|---|--------------|
| Título: | | Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante por la adición de óxido de calcio, Huamancaca Chico-Chupaca 2021. | | | | | |
| Autor: | | CEKESTINO VICTORIO ECLER CLAUDIO | | POLANCO DAVILA LUIS FELIPE | | | |
| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO | | | TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | |
| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPÓTESIS GENERAL | V. INDEPENDIENTE: OXIDO DE CALCIO (CAL) | | | Metodo: (Científico) Tipo: (Aplicada) Nivel: (Descriptivo) Diseño: (Experimental) Enfoque: (Cuantitativo) Población: Todas las calicatas de 1.5m de profundidad que resulten de la avenida Huamancaca Chico-Chupaca Muestra: 3 calicatas de 1.5 m de profundidas en la avenida de Huamancaca Chico Chupaca Muestreo: No probabilístico Técnica: Pruebas de laboratorio. Instrumentos: Estudio de suelos de acuerdo a las dosificaciones (SN, 6%, 9% y 12%) | |
| | | | | DIMENSIONES | INDICADORES | | INSTRUMENTOS |
| ¿De qué manera influye en la estabilización de subrasante la adición de diversos porcentajes del óxido de calcio en el mejoramiento de las propiedades físicas-mecánicas de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021? | Evaluar la influencia de la adición de óxido de calcio en las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021. | La aplicación de diferentes porcentajes de óxido de calcio influye favorablemente en la mejora de las propiedades físicas-mecánicas de la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca 2021. | D1: Incorporación de óxido de calcio respecto al peso del suelo | I1: Adición del óxido de calcio al 6% I2: Adición del óxido de calcio al 9% I3: Adición del óxido de calcio al 12% | Balanza calibrada del laboratorio para los ensayos respectivos | | |
| PROBLEMA ESPECÍFICOS | OBJETIVO ESPECÍFICOS | HIPÓTESIS ESPECÍFICOS | V. DEPENDIENTE: LA SUBRASANTE | | | | |
| | | | | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS | |
| ¿De que manera influye la aplicación del óxido de calcio para el mejoramiento del CBR de la subrasante en la ciudad de Huamancaca Chico-Chupaca 2021? | Determinar la influencia de la Adición del óxido de calcio sobre el CBR de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021. | La adición de óxido de calcio influye favorablemente en el CBR de la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca 2021. | D2: Contenido de humedad | I4: Proctor modificado | Ensayo Proctor (ASTM D 1557) | | |
| ¿Cuánto influye la aplicación del óxido de calcio en la plasticidad de la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca 2021? | Establecer la influencia de la Adición del óxido de calcio en la plasticidad de la subrasante, Huamancaca Chico-Chupaca 2021. | La adición de óxido de calcio influye favorablemente en la plasticidad la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca 2021. | D3: Índice de plasticidad | I5: Limite Liquido I6: Limite Plastico I7: Índice de plasticidad | Ensayos de Limites Atterberg (ASTM D 1557) | | |
| ¿Cuánto es la influencia de la aplicación del óxido de calcio en el contenido de humedad de la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca 2021? | Precisar la influencia de la Adición de óxido de calcio respecto al contenido de humedad de la subrasante Huamancaca Chico-Chupaca 2021. | La adición de óxido de calcio influye favorablemente en el porcentaje de humedad de la subrasante en Huamancaca Chico-Chupaca 2021. | D4: Resistencia al esfuerzo | I8: CBR | Ensayo de CBR (ASTM D 1883) | | |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 3 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

| Descripción | Técnicas | Instrumentos |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Adición de óxido de calcio al 6% | Observación directa | Ficha de recolección de datos |
| Adición del óxido de calcio al 9% | Observación directa | Ficha de recolección de datos |
| Adición del óxido de calcio al 12% | Observación directa | Ficha de recolección de datos |
| Limite liquido | Observación directa | Ficha de resultados de laboratorio |
| Limite plástico | Observación directa | Ficha de resultados de laboratorio |
| Indicé de plasticidad | Observación directa | Ficha de resultados de laboratorio |
| Proctor modificado | Observación experimental | Ficha de resultados de laboratorio |
| CBR (California Bearing Ratio) | Observación experimental | Ficha de resultados de laboratorio |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°4 JUICIO DE EXPERTOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de Oxido de calcio

"Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante por la adición del óxido de calcio, Huamancaca Chico-Chupaca 2021"

Parte A: Datos generales

Tesista 01: Celestino Victorio Ecler Claudio

Tesista 02: Polanco Davila Luis Felipe

Fecha: Lima, 02/07/2021

Variable independiente: Dosificación de Oxido de calcio

| | |
|-----|--|
| 6% | |
| 9% | |
| 12% | |

Tesis: Garcia (2015) Dosificación de Oxido de calcio: 2%, 4%, 6%, 8%

Tesis: Moale, A y Rivera, E (2019) Dosificación de Oxido de calcio: 9%, 15%, 21%

Observaciones: _____

Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: RODRIGUEZ SOLIS CORTEN BEATRIZ

Especialista: Metodólogo [] Temático []

Grado: Ingeniero [] Maestro [X] Doctor []

Título Profesional: INGENIERA CIVIL

N° de Registro CIP: 50202


CARMEN BEATRIZ
RODRIGUEZ SOLIS
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 50202

Firma y Sello



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de Oxido de calcio

“Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante por la adición del óxido de calcio, Huamancaca Chico-Chupaca 2021”

Parte A: Datos generales

Tesista 01: Celestino Victorio Ecler Claudio

Tesista 02: Polanco Davila Luis Felipe Fecha:

Lima, 02/07/2021

Variable independiente: Dosificación de Oxido de calcio

| | |
|-----|--|
| 6% | |
| 9% | |
| 12% | |

Tesis: Garcia (2015) Dosificación de Oxido de calcio: 2%, 4%, 6%, 8%

Tesis: Moale, A y Rivera, E (2019) Dosificación de Oxido de calcio: 9%, 15%, 21%

Observaciones: _____

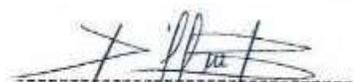
Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: DORIS LINA HUAMAN BALDEON

Especialista: Metodólogo [] Temático [X]

Grado: Ingeniero [] Maestro [X] Doctor [] Título

Profesional: INGENIERA CIVIL

N° de Registro CIP: 78756


DORIS LINA HUAMAN BALDEON
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 78756



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de Oxido de calcio

“Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante por la adición del óxido de calcio, Huamancaca Chico-Chupaca 2021”

Parte A: Datos generales

Tesista 01: Celestino Victorio Ecler Claudio

Tesista 02: Polanco Dávila Luis Felipe

Fecha: Lima, 02/07/2021

Variable independiente: Dosificación de Oxido de calcio

| | |
|-----|--|
| 6% | |
| 9% | |
| 12% | |

Tesis: García (2015) Dosificación de Oxido de calcio: 2%, 4%, 6%, 8%

Tesis: Moale, A y Rivera, E (2019) Dosificación de Oxido de calcio: 9%, 15%, 21%

Observaciones: _____

Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: _____ Castro Jiménez, Oswaldo Felipe

Especialista: Metodólogo [] Temático [X]

Grado: Ingeniero [X] Maestro [] Doctor []

Título Profesional: _____ Ingeniero civil

N° de Registro CIP: _____ 108096


OSWALDO FELIPE CASTRO JIMÉNEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. Del Colegio de Ingenieros N° 108096

Firma y Sello

ANEXO N° 5 CERTIFICADOS DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : Tema De Investigacion
LOCALIZACION: Anexo de Huancayo
MUESTRA : Calicata 1
SOLICITA : Celestino Victorio Eicher Claudio
FECHA: 17 de mayo del 2021

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883 COMPACTACIÓN

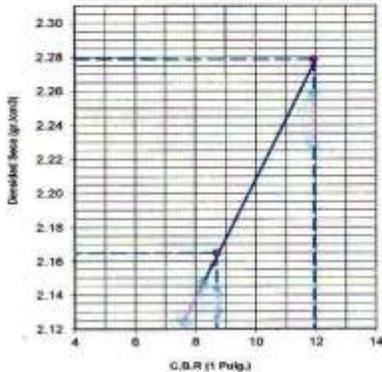
| Molde N° | 04 | 05 | 06 |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| N° de golpes por capa | 12 | 25 | 56 |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA | 6000 | 6000 | 6000 |
| Peso del molde + suelo húmedo (grs.) | 11597 | 11654 | 11987 |
| Peso del molde (gramos) | 6394 | 6394 | 6394 |
| Peso del suelo húmedo (grs.) | 5203 | 5260 | 5593 |
| Volumen del molde (cc) | 2124 | 2124 | 2124 |
| Densidad húmeda (grs./cm3) | 2.45 | 2.48 | 2.63 |
| Densidad seca (grs./cm3) | 2.13 | 2.16 | 2.276 |
| Tarro N° | 10 | 12 | 16 |
| Peso del tarro + suelo húmedo (grs.) | 638.00 | 634.00 | 641.00 |
| Peso del tarro + suelo seco (grs.) | 558.70 | 557.50 | 559.40 |
| Peso del agua (grs.) | 79.30 | 76.50 | 81.60 |
| Peso del tarro (grs.) | 38.00 | 40.00 | 40.00 |
| Peso del suelo seco (grs.) | 520.70 | 517.50 | 519.40 |
| % de humedad | 15.23 | 14.78 | 15.71 |
| PROMEDIO DE HUMEDAD | | | |

EXPANSIÓN

| FECHA | TIEMPO | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | |
|-------|--------|-----------|-----|-------------|-----------|-----|-------------|-----------|-----|-------------|
| | | LECTURA | Mm. | % | LECTURA | mm | % | LECTURA | mm | % |
| | | 320 | 0 | 0 | 145 | 0 | 0 | 88 | 0 | 0 |
| | | 320 | 0 | 0.00 | 168 | 23 | 0.50 | 94 | 6 | 0.13 |
| | | 359 | 39 | 0.85 | 182 | 37 | 0.81 | 132 | 44 | 0.96 |
| | | 369 | 49 | 1.07 | 243 | 98 | 2.15 | 150 | 62 | 1.36 |
| | | 570 | 250 | 5.47 | 389 | 244 | 5.34 | 320 | 232 | 5.08 |

PENETRACIÓN

| PENETRACIÓN | MOLDE N°01-N° de Golpes | | | MOLDE N°02-N° de Golpes | | | MOLDE N°03- N° de Golpes | | |
|-------------|-------------------------|------------|---------------|-------------------------|------------|---------------|--------------------------|------------|---------------|
| | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | |
| | | Libras. | Libras./pulg' | | Libras. | Libras./pulg' | | Libras. | Libras./pulg' |
| 0.000 | | | 0.00 | | | 0.00 | | | 0.00 |
| 0.025 | 14 | 39 | 13 | 57 | 146 | 49 | 37 | 97 | 32 |
| 0.050 | 26 | 69 | 23 | 53 | 136 | 45 | 75 | 190 | 63 |
| 0.075 | 41 | 106 | 35 | 71 | 180 | 60 | 112 | 282 | 94 |
| 0.100 | 91 | 230 | 77 | 102 | 257 | 86 | 143 | 356 | 119 |
| 0.150 | 102 | 257 | 86 | 135 | 338 | 113 | 199 | 497 | 166 |
| 0.200 | 124 | 311 | 104 | 163 | 408 | 136 | 247 | 616 | 206 |
| 0.250 | 132 | 331 | 110 | 187 | 467 | 156 | 286 | 711 | 237 |
| 0.300 | 139 | 348 | 116 | 206 | 513 | 171 | 315 | 783 | 261 |
| 0.400 | 147 | 368 | 123 | 226 | 563 | 188 | 348 | 865 | 288 |
| 0.50 | 161 | 403 | 134 | 241 | 600 | 200 | 363 | 902 | 301 |



| GOLPES | W. % | δ-gr./cm3 | HINCH. % | COMP. % | CBR-1" |
|--------|-------|-----------|----------|---------|--------|
| 12 | 15.23 | 2.13 | 5.47 | 93 | 7.66 |
| 25 | 14.78 | 2.16 | 5.34 | 96 | 8.66 |
| 56 | 15.71 | 2.28 | 5.08 | 100 | 11.94 |

| C.B.R. | C.B.R. |
|--------|--------|
| 96% | 100% |
| 8.66% | 11.94 |


Celestino A. Pareda Salas
 INGENIERO CHAL
 CIP N° 258066


ELVITZ LUJÁN CAMPOS OLIVARES
 TÈC ESPECIALISTA EN SUELOS
 PAVIMENTOS Y CONCRETO

Fuente: Laboratorio COLDFIX EIRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : Tema De Investigacion
LOCALIZACION: Anexo de Huancayo
MUESTRA : Calicata 1
SOLICITA : Celestino Victorio Ecler Claudio
FECHA: 17 de mayo del 2021

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883 COMPACTACIÓN

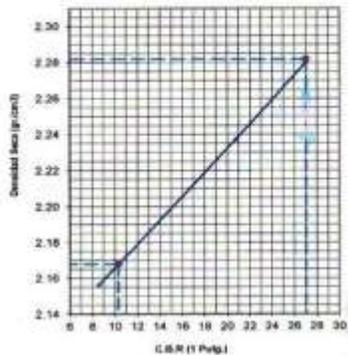
| Molde N° | 04 | | 05 | | 06 | |
|---|--------------|--|--------------|--|--------------|--|
| | 12 | | 25 | | 56 | |
| N° de golpes por capa | 6000 | | 6000 | | 6000 | |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA | 6000 | | 6000 | | 6000 | |
| Peso del molde + suelo húmedo (grs) | 11795.2 | | 11978 | | 12102.7 | |
| Peso del molde (gramos) | 6394 | | 6394 | | 6394 | |
| Peso del suelo húmedo (grs.) | 5401.2 | | 5584 | | 5708.7 | |
| Volumen del molde (cc) | 2124 | | 2124 | | 2124 | |
| Densidad húmeda (grs./cm ³) | 2.54 | | 2.63 | | 2.69 | |
| Densidad seca (grs./cm ³) | 2.16 | | 2.24 | | 2.280 | |
| Tarro N° | 10 | | 12 | | 16 | |
| Peso del tarro + suelo húmedo (grs.) | 625.70 | | 622.20 | | 615.40 | |
| Peso del tarro + suelo seco (grs.) | 536.30 | | 535.40 | | 528.10 | |
| Peso del agua (grs.) | 89.40 | | 86.80 | | 87.30 | |
| Peso del tarro (grs.) | 38.00 | | 40.00 | | 40.00 | |
| Peso del suelo seco (grs.) | 498.30 | | 495.40 | | 488.10 | |
| % de humedad | 17.94 | | 17.52 | | 17.69 | |
| PROMEDIO DE HUMEDAD | | | | | | |

EXPANSIÓN

| FECHA | TIEMPO | LECTURA | | | EXPANSIÓN | | | LECTURA | | | EXPANSIÓN | | |
|-------|--------|---------|-----|-------------|-----------|-----|-------------|---------|-----|-------------|-----------|----|---|
| | | DIAL | Mm. | % | DIAL | mm | % | DIAL | mm | % | DIAL | mm | % |
| | | 315 | 0 | 0 | 148 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | | | |
| | | 334 | 19 | 0.42 | 159 | 11 | 0.24 | 106 | 9 | 0.20 | | | |
| | | 362 | 47 | 1.03 | 195 | 47 | 1.03 | 143 | 46 | 1.01 | | | |
| | | 373 | 58 | 1.27 | 252 | 104 | 2.28 | 161 | 64 | 1.40 | | | |
| | | 554 | 239 | 5.23 | 379 | 231 | 5.06 | 324 | 227 | 4.97 | | | |

PENETRACIÓN

| PENETRACIÓN | MOLDE N°01-N° de Golpes | | | MOLDE N°02-N° de Golpes | | | MOLDE N°03-N° de Golpes | | |
|-------------|-------------------------|------------|---------------|-------------------------|------------|---------------|-------------------------|------------|---------------|
| | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | |
| | | Libras. | Libras./pulg' | | Libras. | Libras./pulg' | | Libras. | Libras./pulg' |
| 0.000 | | | 0.00 | | | 0.00 | | | 0.00 |
| 0.025 | 18 | 49 | 16 | 74 | 188 | 83 | 87 | 220 | 73 |
| 0.050 | 25 | 66 | 22 | 115 | 289 | 96 | 121 | 304 | 101 |
| 0.075 | 54 | 138 | 46 | 216 | 539 | 180 | 253 | 630 | 210 |
| 0.100 | 102 | 257 | 86 | 250 | 623 | 208 | 326 | 811 | 270 |
| 0.150 | 129 | 324 | 108 | 274 | 682 | 227 | 330 | 821 | 274 |
| 0.200 | 135 | 338 | 113 | 297 | 739 | 248 | 338 | 840 | 280 |
| 0.250 | 147 | 368 | 123 | 302 | 751 | 250 | 349 | 868 | 289 |
| 0.300 | 156 | 390 | 130 | 315 | 783 | 261 | 354 | 880 | 293 |
| 0.400 | 174 | 435 | 145 | 324 | 806 | 269 | 359 | 892 | 297 |
| 0.50 | 198 | 494 | 165 | 341 | 848 | 283 | 365 | 907 | 302 |



| GOLPES | W. % | g. gr./cm ³ | HINCH. % | COMP. % | C.B.R.-1" |
|--------|-------|------------------------|----------|---------|-----------|
| 12 | 17.94 | 2.16 | 5.23 | 84 | 8.66 |
| 25 | 17.62 | 2.24 | 5.06 | 98 | 20.76 |
| 56 | 17.89 | 2.28 | 4.97 | 100 | 27.03 |

| C.B.R. | C.B.R. |
|--------|--------|
| 88% | 100% |
| 20.76% | 27.03 |



Marcelo A. Paredón
 INGENIERO C.B.R.
 C.P. 2008

ELVIZ LUIZ CAMPOS OLIVARES
 TEC. ESPECIALISTA EN SUELOS
 PAVIMENTOS Y CONCRETO

Fuente: Laboratorio COLDFIX EIRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : Tema De Investigacion
LOCALIZACION: Anexo de Huancayo
MUESTRA : Calicata 1
SOLICITA : Celestino Victorio Ecler Claudio
FECHA: 17 de mayo del 2021

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883 COMPACTACIÓN

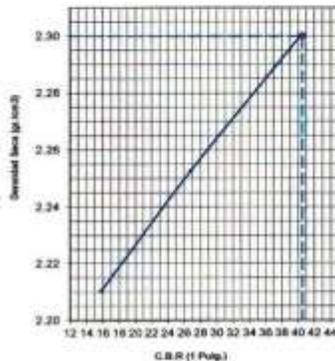
| Molde N° | 04 | 05 | 06 |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| N° de golpes por capa | 12 | 25 | 56 |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA | | | |
| Peso del molde + suelo húmedo (grs) | 6000 | 6000 | 6000 |
| Peso del molde (gramos) | 11987 | 12087 | 12218 |
| Peso del suelo húmedo (grs.) | 6394 | 6394 | 6394 |
| Volumen del molde (cc) | 5593 | 5693 | 5824 |
| Densidad húmeda (grs./cm3) | 2.124 | 2.124 | 2.124 |
| Densidad seca (grs./cm3) | 2.63 | 2.68 | 2.74 |
| | 2.21 | 2.25 | 2.301 |
| Tarro N° | 10 | 12 | 16 |
| Peso del tarro + suelo húmedo (grs.) | 631.40 | 628.50 | 621.70 |
| Peso del tarro + suelo seco (grs.) | 536.10 | 534.60 | 528.10 |
| Peso del agua (grs.) | 95.30 | 93.90 | 93.60 |
| Peso del tarro (grs.) | 38.00 | 40.00 | 40.00 |
| Peso del suelo seco (grs.) | 498.10 | 494.60 | 488.10 |
| % de humedad | 19.13 | 18.99 | 19.18 |
| PROMEDIO DE HUMEDAD | | | |

EXPANSIÓN

| FECHA | TIEMPO | LECTURA | | | EXPANSIÓN | | | LECTURA | | | EXPANSIÓN | | |
|-------|--------|---------|-----|-------------|-----------|-----|-------------|---------|-----|-------------|-----------|----|---|
| | | DIAL | Mm. | % | DIAL | mm | % | DIAL | mm | % | DIAL | mm | % |
| | | 317 | 0 | 0 | 148 | 0 | 0 | 98 | 0 | 0 | | | |
| | | 328 | 11 | 0.24 | 159 | 11 | 0.24 | 114 | 16 | 0.35 | | | |
| | | 359 | 42 | 0.92 | 195 | 47 | 1.03 | 148 | 50 | 1.09 | | | |
| | | 374 | 57 | 1.25 | 252 | 104 | 2.28 | 159 | 61 | 1.34 | | | |
| | | 551 | 234 | 5.12 | 374 | 226 | 4.95 | 319 | 221 | 4.84 | | | |

PENETRACIÓN

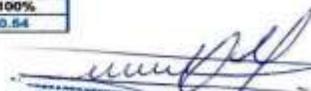
| PENETRACIÓN | MOLDE N°01-N° de Golpes | | | MOLDE N°02-N° de Golpes | | | MOLDE N°03-N° de Golpes | | |
|-------------|-------------------------|------------|---------------|-------------------------|------------|---------------|-------------------------|------------|---------------|
| | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | |
| | | Libras. | Libras./pulg' | | Libras. | Libras./pulg' | | Libras. | Libras./pulg' |
| 0.000 | | | 0.00 | | | 0.00 | | | 0.00 |
| 0.025 | 31 | 81 | 27 | 86 | 217 | 72 | 97 | 244 | 81 |
| 0.050 | 59 | 150 | 50 | 125 | 314 | 105 | 136 | 341 | 114 |
| 0.075 | 142 | 356 | 119 | 219 | 546 | 162 | 204 | 680 | 293 |
| 0.100 | 190 | 474 | 158 | 324 | 805 | 269 | 490 | 1216 | 405 |
| 0.150 | 206 | 514 | 171 | 348 | 865 | 288 | 597 | 1481 | 494 |
| 0.200 | 229 | 571 | 190 | 389 | 917 | 306 | 504 | 1251 | 417 |
| 0.250 | 234 | 583 | 194 | 375 | 932 | 311 | 516 | 1280 | 427 |
| 0.300 | 254 | 633 | 211 | 381 | 947 | 316 | 528 | 1310 | 437 |
| 0.400 | 259 | 645 | 215 | 394 | 979 | 326 | 532 | 1320 | 440 |
| 0.50 | 271 | 675 | 225 | 398 | 989 | 330 | 539 | 1337 | 446 |



| GOLPES | W. % | δ gr./cm3 | HNCH. % | COMP. % | CBR-1" |
|--------|-------|-----------|---------|---------|--------|
| 12 | 19.13 | 2.21 | 5.12 | 96 | 15.81 |
| 25 | 18.99 | 2.25 | 6.00 | 98 | 26.86 |
| 56 | 19.18 | 2.30 | 4.84 | 100 | 40.54 |

| C.B.R. | C.B.R. |
|--------|--------|
| 96% | 100% |
| 26.86% | 40.54 |


Karolita A. Parado Salas
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 258066


ELVIZ LUTZ CAMPOS OLIVARES
 T.E.C. ESPECIALISTA EN SUELOS
 PAVIMENTOS Y CONCRETO

Fuente: Laboratorio COLDFIX EIRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : Tema De Investigacion
 LOCALIZACION: Anexo de Huancayo
 MUESTRA : Calcata 1
 SOLICITA : Celestino Victorio Ecler Claudio
 FECHA: 17 de mayo del 2021

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883
COMPACTACIÓN

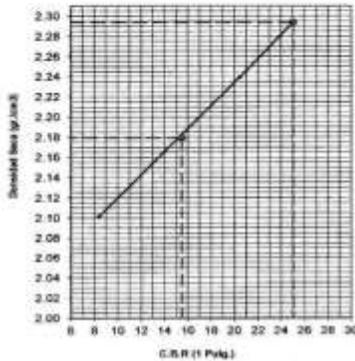
| Molde N° | 04 | 05 | 06 |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| N° de golpes por capa | 12 | 25 | 56 |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA | 6000 | 6000 | 6000 |
| Peso del molde + suelo húmedo (grs.) | 11789.2 | 12159.6 | 12302.6 |
| Peso del molde (gramos) | 6394 | 6394 | 6394 |
| Peso del suelo húmedo (grs.) | 5395.2 | 5765.6 | 5908.6 |
| Volumen del molde (cc) | 2124 | 2124 | 2124 |
| Densidad húmeda (grs./cm3) | 2.54 | 2.71 | 2.78 |
| Densidad seca (grs./cm3) | 2.10 | 2.24 | 2.294 |
| Tarro N° | 10 | 12 | 16 |
| Peso del tarro + suelo húmedo (grs.) | 634.20 | 627.40 | 619.50 |
| Peso del tarro + suelo seco (grs.) | 531.20 | 524.70 | 517.90 |
| Peso del agua (grs.) | 103.00 | 102.70 | 101.60 |
| Peso del tarro (grs.) | 38.00 | 40.00 | 40.00 |
| Peso del suelo seco (grs.) | 493.20 | 484.70 | 477.90 |
| % de humedad | 20.88 | 21.19 | 21.26 |
| PROMEDIO DE HUMEDAD | | | |

EXPANSIÓN

| FECHA | TIEMPO | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | |
|-------|--------|-----------|-----|------|-----------|-----|------|-----------|-----|------|
| | | DIAL | Mm. | % | DIAL | mm | % | DIAL | mm | % |
| | | 324 | 0 | 0 | 153 | 0 | 0 | 101 | 0 | 0 |
| | | 336 | 12 | 0.26 | 162 | 9 | 0.20 | 114 | 13 | 0.28 |
| | | 371 | 47 | 1.03 | 197 | 44 | 0.96 | 149 | 48 | 1.05 |
| | | 389 | 65 | 1.42 | 256 | 103 | 2.26 | 164 | 63 | 1.38 |
| | | 556 | 232 | 5.08 | 367 | 214 | 4.89 | 311 | 210 | 4.60 |

PENETRACIÓN

| PENETRACIÓN | MOLDE Nº01-Nº de Golpes | | | MOLDE Nº02-Nº de Golpes | | | MOLDE Nº03- Nº de Golpes | | |
|-------------|-------------------------|------------|---------------|-------------------------|------------|---------------|--------------------------|------------|---------------|
| | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | | LECTURA DIAL | CORRECCIÓN | |
| | | Libras. | Libras./pulg' | | Libras. | Libras./pulg' | | Libras. | Libras./pulg' |
| 0.000 | | | 0.00 | | | 0.00 | | | 0.00 |
| 0.025 | 18 | 49 | 16 | 72 | 183 | 61 | 84 | 212 | 71 |
| 0.050 | 32 | 84 | 26 | 120 | 301 | 100 | 124 | 311 | 104 |
| 0.075 | 50 | 128 | 43 | 215 | 536 | 179 | 251 | 625 | 208 |
| 0.100 | 100 | 252 | 84 | 247 | 615 | 205 | 302 | 751 | 250 |
| 0.150 | 127 | 319 | 106 | 276 | 687 | 229 | 327 | 813 | 271 |
| 0.200 | 141 | 353 | 118 | 297 | 739 | 246 | 336 | 835 | 278 |
| 0.250 | 152 | 380 | 127 | 308 | 766 | 255 | 349 | 868 | 289 |
| 0.300 | 154 | 385 | 128 | 319 | 793 | 264 | 358 | 890 | 297 |
| 0.400 | 170 | 425 | 142 | 325 | 808 | 269 | 361 | 897 | 299 |
| 0.50 | 206 | 514 | 171 | 347 | 863 | 288 | 369 | 917 | 306 |



| GOLPES | W. % | d. gr./cm3 | HNCH. % | COMP. % | CBR-1" |
|--------|-------|------------|---------|---------|--------|
| 12 | 20.88 | 2.10 | 5.08 | 92 | 8.39 |
| 25 | 21.19 | 2.24 | 4.69 | 98 | 20.61 |
| 56 | 21.26 | 2.29 | 4.60 | 100 | 28.04 |

| C.B.R. | C.B.R. |
|--------|--------|
| 98% | 100% |
| 20.61% | 28.04 |



Kenneth A. Pineda Salas
 INGENIERO CIVIL
 CP Nº 209928

ELVIZ LUIZ CAMPOS OLIVARES
 T.E.C. ESPECIALISTA EN SUELOS
 PAVIMENTOS Y CONCRETO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRAS :
LUGAR : Anexo de Huancayo
SOLICITA : Celestino Victorio Ecler Claudio

MUESTRA : Calicata 1 (3.5m)
FECHA : 17/05/2021

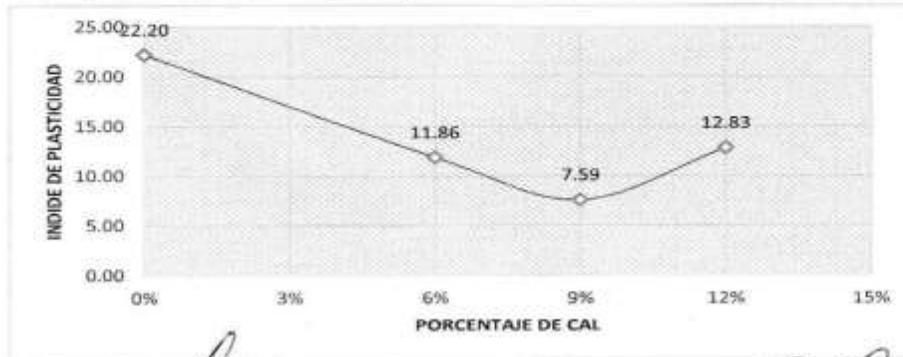
**LIMITES DE CONSISTENCIA
 METODO AASHTO T-89/90 Y ASTM D-423/424**

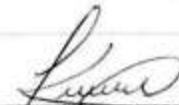
| | 0% DE CAL (MUESTRA PATRON) | | | | | I | II | III | LL | LP |
|-------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-----------------|-------|---|----|-----|----|----|
| | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| TARA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| Nro. DE GOLPES | 15 | 20 | 30 | --- | --- | | | | | |
| PESO TARA | 23.55 | 24.23 | 24.15 | 25.14 | 24.2 | | | | | |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr) | 39.84 | 40.1 | 38.93 | 28.47 | 27.87 | | | | | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA (gr) | 34.21 | 34.84 | 34.12 | 27.77 | 27.09 | | | | | |
| PESO DEL AGUA | 5.63 | 5.26 | 4.81 | 0.7 | 0.78 | | | | | |
| PESO SUELO SECO | 10.66 | 10.61 | 9.97 | 2.63 | 2.89 | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 52.81 | 49.58 | 48.24 | 26.62 | 26.99 | | | | | |

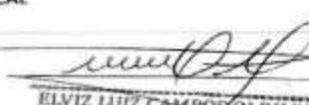
| | 6% DE CAL | | | | | I | II | III | LL | LP |
|-------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|---|----|-----|----|----|
| | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| TARA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| Nro. DE GOLPES | 14 | 22 | 35 | --- | --- | | | | | |
| PESO TARA | 23.55 | 24.23 | 24.15 | 25.14 | 24.2 | | | | | |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr) | 38.42 | 39.23 | 38.97 | 28.25 | 27.62 | | | | | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA (gr) | 33.71 | 34.61 | 34.67 | 27.4 | 26.9 | | | | | |
| PESO DEL AGUA | 4.71 | 4.62 | 4.3 | 0.85 | 0.72 | | | | | |
| PESO SUELO SECO | 10.16 | 10.38 | 10.52 | 2.26 | 2.7 | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 46.36 | 44.51 | 40.87 | 37.61 | 26.67 | | | | | |

| | 9% DE CAL | | | | | I | II | III | LL | LP |
|-------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|---|----|-----|----|----|
| | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| TARA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| Nro. DE GOLPES | 17 | 23 | 38 | --- | --- | | | | | |
| PESO TARA | 23.55 | 24.23 | 24.15 | 25.14 | 24.2 | | | | | |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr) | 33.19 | 31.97 | 33.12 | 31.24 | 33.47 | | | | | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA (gr) | 30.21 | 29.64 | 30.57 | 29.61 | 31.1 | | | | | |
| PESO DEL AGUA | 2.98 | 2.33 | 2.55 | 1.63 | 2.37 | | | | | |
| PESO SUELO SECO | 6.66 | 5.41 | 6.42 | 4.47 | 6.9 | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 44.74 | 43.07 | 39.72 | 36.47 | 34.35 | | | | | |

| | 12% DE CAL | | | | | I | II | III | LL | LP |
|-------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|---|----|-----|----|----|
| | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| TARA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| Nro. DE GOLPES | 16 | 20 | 32 | --- | --- | | | | | |
| PESO TARA | 23.55 | 24.23 | 24.15 | 25.14 | 24.2 | | | | | |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr) | 39.7 | 39.64 | 38.97 | 31.47 | 32.16 | | | | | |
| PESO TARA + MUESTRA SECA (gr) | 34.59 | 34.81 | 34.71 | 29.91 | 30.34 | | | | | |
| PESO DEL AGUA | 5.11 | 4.83 | 4.26 | 1.56 | 1.82 | | | | | |
| PESO SUELO SECO | 11.04 | 10.58 | 10.56 | 4.77 | 6.14 | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 46.29 | 45.65 | 40.34 | 32.70 | 29.64 | | | | | |




Karolina A. Pareda Sotelo
 INGENIERO CIVIL
 CP N° 20868


ELVIZ LUJÁN CAMPOS OLIVARES
 T.E.C. ESPECIALISTA EN SUELOS
 PAVIMENTOS Y CONCRETO

Fuente: Laboratorio COLDFIX EIRL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: Tema de Investigación
LUGAR: Anexo de Huancayo
SOLICITA: Celestino Victorio Ecler Claudio

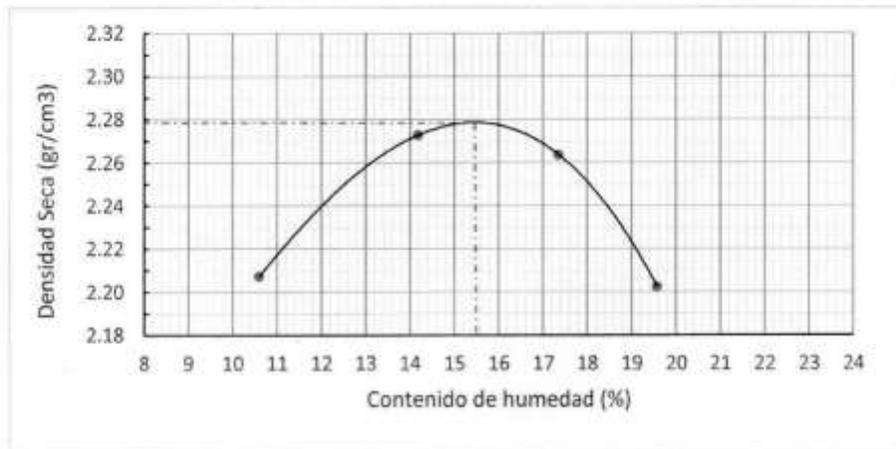
MUESTRA: Calicata 1
FECHA: 17/05/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : AASHTO T180

| VOLUMEN DEL MOLDE : | | 2124.00 | | cm ³ | |
|--|--------------------|---------|--------|-----------------|--------|
| PRUEBA N° | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Peso suelo + molde | gr | 11579 | 11906 | 12036 | 11987 |
| Peso molde | gr | 6394 | 6394 | 6394 | 6394 |
| Peso suelo humedo compactado | gr | 5185 | 5512 | 5642 | 5593 |
| Peso suelo humedo + tara | gr | 640 | 639 | 640 | 638 |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 582.31 | 564.36 | 551.29 | 539.63 |
| Tara | gr | 38 | 38 | 40 | 37 |
| Peso del agua | gr | 57.69 | 74.64 | 88.71 | 98.37 |
| Peso del suelo seco | gr | 544.31 | 526.36 | 511.29 | 502.63 |
| Contenido de agua | % | 10.60 | 14.18 | 17.35 | 19.57 |
| Peso volumetrico humedo | gr/cm ³ | 2.44 | 2.60 | 2.66 | 2.63 |
| Peso volumetrico seco | gr/cm ³ | 2.21 | 2.27 | 2.26 | 2.20 |
| DENSIDAD MAXIMA - MDS (gr/cm³) | | | | | 2.279 |
| HUMEDAD OPTIMA - OCH (%) | | | | | 15.5 |



KAROLINA A. PERALTA SALAS
 INGENIERO CIVIL
 CP N° 258864

ELVIZ LUIZ CAMPOS OLIVARES
 TEC. ESPECIALISTA EN SUELOS
 PAVIMENTOS Y CONCRETO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: Tema de Investigación

MUESTRA: Calicata 1

LUGAR: Anexo de Huancayo

FECHA: 17/05/2021

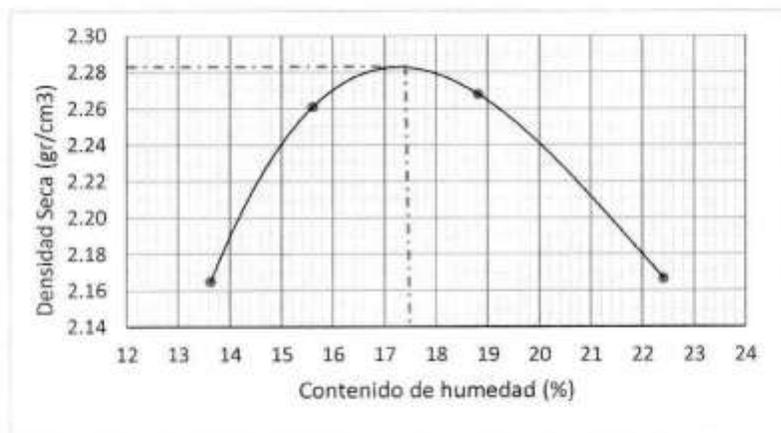
SOLICITA: Celestino Victorio Ecler Claudio

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : AASHTO T180

| VOLUMEN DEL MOLDE : | | 2124.00 | | cm ³ | |
|--|--------------------|---------|-------|-----------------|-------|
| PRUEBA N° | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Peso suelo + molde | gr | 11619 | 11946 | 12117 | 12027 |
| Peso molde | gr | 6394 | 6394 | 6394 | 6394 |
| Peso suelo humedo compactado | gr | 5225 | 5552 | 5723 | 5633 |
| Peso suelo humedo + tara | gr | 640 | 640 | 650 | 640 |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 567.8 | 558.7 | 553.4 | 529.6 |
| Tara | gr | 38 | 38 | 40 | 37 |
| Peso del agua | gr | 72.2 | 81.3 | 96.6 | 110.4 |
| Peso del suelo seco | gr | 529.8 | 520.7 | 513.4 | 492.6 |
| Contenido de agua | % | 13.63 | 15.61 | 18.82 | 22.41 |
| Peso volumetrico humedo | gr/cm ³ | 2.46 | 2.61 | 2.69 | 2.65 |
| Peso volumetrico seco | gr/cm ³ | 2.16 | 2.26 | 2.27 | 2.17 |
| DENSIDAD MAXIMA - MDS (gr/cm³) | | | | | 2.282 |
| HUMEDAD OPTIMA - OCH (%) | | | | | 17.5 |




Karolina A. Pareda Salda
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 258066


ELVIZ LUIZ CAMPOS OLIVARES
 TEC. ESPECIALISTA EN SUELOS
 PAVIMENTOS Y CONCRETO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: Tema de Investigación
LUGAR: Anexo de Huancayo
SOLICITA: Celestino Victorio Ecler Claudio

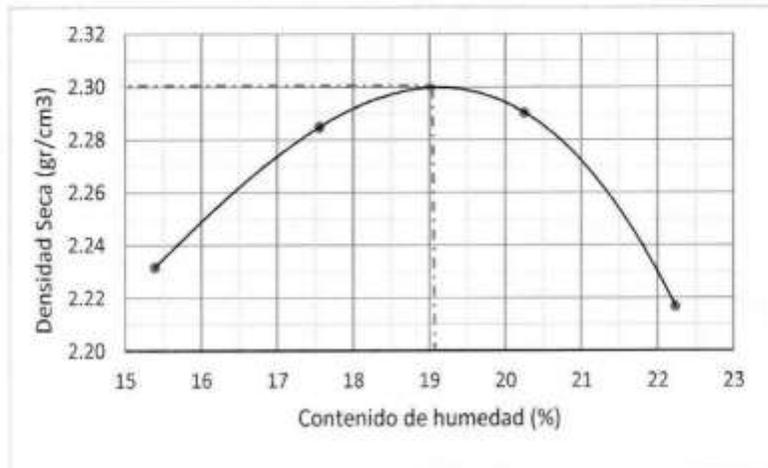
MUESTRA: Calicata 1
FECHA: 17/05/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : AASHTO T180

| VOLUMEN DEL MOLDE : | | 2124.00 cm ³ | | | |
|--|--------------------|-------------------------|---------|---------|---------|
| PRUEBA N° | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Peso suelo + molde | gr | 11863.2 | 12098.5 | 12243.4 | 12149.3 |
| Peso molde | gr | 6394 | 6394 | 6394 | 6394 |
| Peso suelo humedo compactado | gr | 5469.2 | 5704.5 | 5849.4 | 5755.3 |
| Peso suelo humedo + tara | gr | 612.4 | 621.3 | 629.6 | 626.3 |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 535.8 | 534.2 | 530.3 | 519.1 |
| Tara | gr | 38 | 38 | 40 | 37 |
| Peso del agua | gr | 76.6 | 87.1 | 99.3 | 107.2 |
| Peso del suelo seco | gr | 497.8 | 496.2 | 490.3 | 482.1 |
| Contenido de agua | % | 15.39 | 17.55 | 20.25 | 22.24 |
| Peso volumetrico humedo | gr/cm ³ | 2.57 | 2.69 | 2.75 | 2.71 |
| Peso volumetrico seco | gr/cm ³ | 2.23 | 2.28 | 2.29 | 2.22 |
| DENSIDAD MAXIMA - MDS (gr/cm³) | | | | | 2.30 |
| HUMEDAD OPTIMA - OCH (%) | | | | | 19.1 |



Kamila A. Pareda Salco
 INGENIERO CIVIL
 CP N° 28886

[Firma manuscrita]

ELVIZ LUIZ CAMPOS OLIVARES
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN SUELOS
 PAVIMENTOS Y CONCRETO

Fuente: Laboratorio COLDPIX EIRL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: Tema de Investigación
LUGAR: Anexo de Huancayo
SOLICITA: Celestino Victorio Ecler Claudio

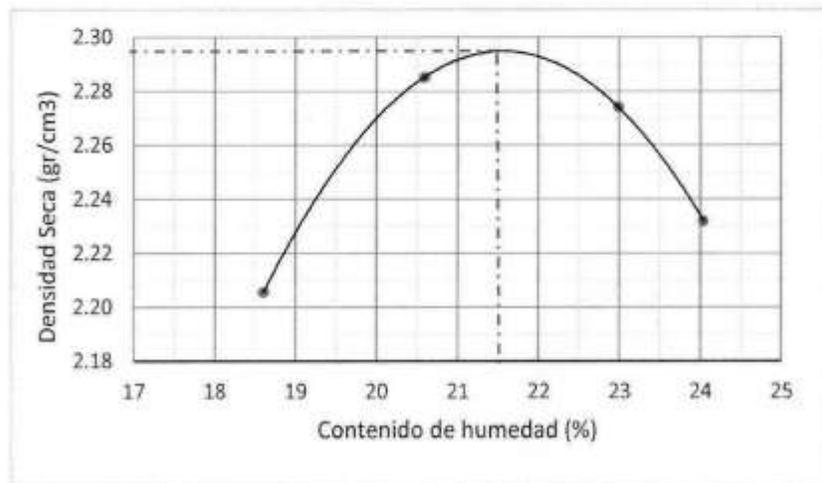
MUESTRA: Calicata 1
FECHA: 17/05/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

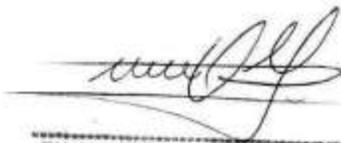
(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : AASHTO T180

| VOLUMEN DEL MOLDE : | | 2124.00 | | cm ³ | |
|--|--------------------|---------|---------|-----------------|-------|
| PRUEBA N° | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Peso suelo + molde | gr | 11950 | 12246.8 | 12334.6 | 12274 |
| Peso molde | gr | 6394 | 6394 | 6394 | 6394 |
| Peso suelo humedo compactado | gr | 5556 | 5852.8 | 5940.6 | 5880 |
| Peso suelo humedo + tara | gr | 612.4 | 621.3 | 629.6 | 626.3 |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 522.3 | 521.7 | 519.4 | 512.1 |
| Tara | gr | 38 | 38 | 40 | 37 |
| Peso del agua | gr | 90.1 | 99.6 | 110.2 | 114.2 |
| Peso del suelo seco | gr | 484.3 | 483.7 | 479.4 | 475.1 |
| Contenido de agua | % | 18.60 | 20.59 | 22.99 | 24.04 |
| Peso volumetrico humedo | gr/cm ³ | 2.62 | 2.76 | 2.80 | 2.77 |
| Peso volumetrico seco | gr/cm ³ | 2.21 | 2.29 | 2.27 | 2.23 |
| DENSIDAD MAXIMA - MDS (gr/cm³) | | | | | 2.294 |
| HUMEDAD OPTIMA - OCH (%) | | | | | 21.5 |




Karolain A. Pizarro Salas
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 258066


ELVIZ LUIZ CAMPOS OLIVARES
 TÉC. ESPECIALISTA EN SUELOS
 PAVIMENTOS Y CONCRETO

ANEXO N° 6 EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°7: EVIDENCIA REPORTE DE TURNITIN

The screenshot displays the Turnitin Feedback Studio interface. The main document is a thesis from Universidad César Vallejo, Faculty of Engineering and Architecture, School of Civil Engineering. The title is "Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subgranta por la adición del óxido de calcio, Huamancaca Chico-Chupaca 2021". The thesis is for the degree of Civil Engineer. The authors listed are Celestino Víctor, Eder Claudio and Polanco Dávila, Luis Felipe. The advisor is Mg. Inq. Mérya Rosario, Carlos Danilo. The research line is not specified. The similarity report on the right shows a total of 23% similarity, with 8 sources identified. The top source is 'Reportorio con.edu.pe' at 12%.

feedback studio LUIS FELIPE POLANCO DAVILA DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACION CELESTINO - POLANCO

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subgranta por la adición del óxido de calcio, Huamancaca Chico-Chupaca 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:
Celestino Víctor, Eder Claudio
<https://orcid.org/0000-0002-8932-9095>
Polanco Dávila, Luis Felipe
<https://orcid.org/0000-0002-2719-8843>

ABESOR:
Mg. Inq. Mérya Rosario, Carlos Danilo
<https://orcid.org/0000-0002-0651-9230>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Resumen de coincidencias

23 %

Se están usando fuentes estándar

Ver también en inglés (Beta)

Coincidencias

| Rank | Source | Percentage |
|------|---|------------|
| 1 | Reportorio con.edu.pe Examen de titulación | 12 % |
| 2 | Ensayo de Universidad... Trabajo de tesis | 3 % |
| 3 | El dióxido de calcio Examen de titulación | 1 % |
| 4 | alora conuyen.pdf Examen de titulación | 1 % |
| 5 | Ensayo de Universidad... Trabajo de tesis | 1 % |
| 6 | Maven Nazari, Rincón... Publicación | <1 % |
| 7 | Ensayo de Universidad... Trabajo de tesis | <1 % |
| 8 | El dióxido de calcio Examen de titulación | <1 % |

Página: 1 de 46 Número de palabras: 3429 Ver solo texto del informe Alta resolución Activado

