



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Estabilización de una subrasante arcillosa utilizando cal para
mejorar su capacidad de carga, Picota 2024**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Urrelo Jorge, John Michelo (orcid.org/0000-0002-4153-950X)

Vargas Ruiz, Wilter Jerall (orcid.org/0000-0002-7130-2829)

ASESOR:

Dr. Paredes Aguilar, Luis (orcid.org/0000-0002-1375-179X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TARAPOTO – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PAREDES AGUILAR LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "Estabilización de una subrasante arcillosa utilizando cal para mejorar su capacidad de carga, Picota 2024", cuyos autores son VARGAS RUIZ WILTER JERALL, URRELO JORGE JOHN MICHELO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TARAPOTO, 20 de Julio del 2024

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| PAREDES AGUILAR LUIS DNI: 01158952 ORCID: 0000-0002-1375-179X | Firmado electrónicamente por: LUPAREDESA el 20- 07-2024 01:09:25 |

Código documento Trilce: TRI - 0824178





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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, VARGAS RUIZ WILTER JERALL, URRELO JORGE JOHN MICHELO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Estabilización de una subrasante arcillosa utilizando cal para mejorar su capacidad de carga, Picota 2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|--|---|
| JOHN MICHELO URRELO JORGE DNI: 73667197 ORCID: 0000-0002-4153-950X | Firmado electrónicamente por: JURRELOJ el 20-07- 2024 14:16:19 |
| WILTER JERALL VARGAS RUIZ DNI: 73270903 ORCID: 0000-0002-7130-2829 | Firmado electrónicamente por: VARGASRWJ el 20-07- 2024 11:00:56 |

Código documento Trilce: TRI - 0824177



Dedicatoria

Dedico este logro a mis padres, quienes con su amor y sacrificio me guiaron en cada paso; y a mis profesores, cuyo conocimiento y ejemplo forjaron mi camino. Este triunfo es también suyo.

Urrelo Jorge, John Michelo

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría necesarias; a mi familia, por ser mi pilar incondicional; y a mis amigos, por su apoyo constante. Este trabajo es un reflejo de su confianza en mí.

Vargas Ruiz Wilter Jerall

Agradecimiento

A la Universidad César Vallejo, por brindarme una formación integral y las herramientas necesarias para desarrollarme profesionalmente. Mi gratitud a los docentes que me inspiraron con su dedicación y compromiso, pilares fundamentales en mi crecimiento académico y personal.

Urrelo Jorge, John Michelo

Al Dr. Luis Paredes Aguilar, por su invaluable orientación, paciencia y compromiso en cada etapa de esta investigación. Su conocimiento y dedicación fueron fundamentales para culminar este proyecto, dejando en mí una enseñanza que perdurará siempre.

Vargas Ruiz Wilter Jerall

Índice de contenidos

| | |
|--|------|
| Carátula | i |
| Declaratoria de autenticidad del asesor..... | ii |
| Declaratoria de originalidad del autor..... | iii |
| Dedicatoria | iv |
| Agradecimiento..... | v |
| Índice de contenidos..... | vi |
| Índice de tablas..... | vii |
| Índice de figuras | viii |
| Resumen | ix |
| Abstract | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. METODOLOGÍA..... | 10 |
| III. RESULTADOS | 16 |
| IV. DISCUSIÓN | 24 |
| V. CONCLUSIONES | 27 |
| VI. RECOMENDACIONES | 28 |
| REFERENCIAS | 29 |
| ANEXOS..... | 34 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Diseño preexperimental de las pruebas de investigación..... | 11 |
| Tabla 2: Muestras de la cal (oxido de calcio) | 13 |
| Tabla 3 Técnica e instrumentos de la presente investigación. | 15 |
| Tabla 4 Propiedades físicas - químicas de cal | 16 |
| Tabla 5: Características físicas – mecánicas y químicas | 17 |
| Tabla 6 Proctor M. Y CBR del terreno de fundación | 18 |
| Tabla 7 Combinación con y sin adición de cal, al 3%, 5% y 8% del total. | 19 |
| Tabla 8 Dosificación de diseño de mezcla con adición de la cal | 21 |
| Tabla 9 Proctor M. y CBR en la tercera combinación al 8%..... | 22 |
| Tabla 10 Costo por m3 de mezcla de cal en lugar del material afirmado compactado. | 23 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Conducta de las variables del estudio preexperimental | 10 |
| Figura 2 Diseño de mezcla con y sin adición de cal | 19 |
| Figura 3 Diseño óptimo para estabilización de la subrasante utilizando cal..... | 20 |

Resumen

La presente investigación, es determinar el impacto que tendrá la adición de cal al suelo en porcentajes del 3%, 5% y 8% en el aumento de su capacidad portante. El objetivo principal es determinar el diseño de mezcla para estabilizar una subrasante arcillosa utilizando cal para mejorar su capacidad de carga; esta investigación relacionada con el objetivo nueve industria, innovación e infraestructura La metodología fue tipo aplicada y diseño preexperimental y enfoque cuantitativo correlacional. El estudio se llevará a cabo mediante la realización de tres calicatas en la localidad de Winge para obtener las muestras patrón. En los principales resultados se determinó que tercera combinación compuesta por un 92% de arcilla y un 8% de cal, resultó ser la mejor en los resultados primarios, ya que alcanzó un CBR del 100% de 5,10 y satisfizo los criterios para estabilizarse en la categoría de "Subrasante buena". Se concluye que, al agregar cal, el costo por m³ de material de reemplazo para estabilizar la subrasante se redujo a 20.75 soles del cálculo costo original de 29.45 soles por m³.

Palabra clave: Estabilización de una subrasante, cal, capacidad de carga.

Abstract

The present research is to determine the impact that the addition of lime to the soil in percentages of 3%, 5% and 8% will have on the increase of its bearing capacity. The main objective is to determine the mix design to stabilize a clayey subgrade using lime to improve its bearing capacity; this research is related to objective nine industry, innovation and infrastructure. The methodology was applied type and pre-experimental design and quantitative correlational approach. The study will be carried out by making three test pits in the Winge locality to obtain the standard samples. In the main results, it was determined that the third combination, composed of 92% clay and 8% lime, proved to be the best in the primary results, since it achieved a 100% CBR of 5.10 and met the criteria to stabilize in the "Good Subgrade" category. It is concluded that, by adding lime, the cost per m³ of replacement material to stabilize the subgrade was reduced to 20.75 soles from the original cost estimate of 29.45 soles per m³.

Keywords: Subgrade stabilization, lime, load capacity.

I. INTRODUCCIÓN

La capacidad portante influye mucho en el rubro en la construcción de vías de acceso, tal cual conocida como la capacidad del terreno, se encuentra sujeta a soportar todo tipo de carga que sea aplicado sobre ello, la dificultad de trasladarse de un punto a otro, para ello se ha visto que en la provincia de Picota sector Winge existen tramos críticos en tiempos de lluvias que impiden el pase a todo esto se realizó la investigación denominada “Estabilización de una subrasante arcillosa utilizando cal para mejorar su capacidad de carga, Picota 2024”,; siendo así que Alva y Pezo (2021) menciona que “al encapsular partículas de arcilla, como ingrediente estabilizador, la cal estructural aumenta la resistencia de los suelos arcillosos y tiene la capacidad de absorber agua. (pág. 23), por lo que, en el ámbito internacional, Nicaragua se estima que un aproximado de 15 millones de personas pertenecientes a las diversas zonas rurales carecen de un adecuado transporte por lo que se da lugar al aislamiento físico convirtiéndose en uno de los principales motivos para generar pobreza dentro del país.

Es preciso mencionar que la conexión entre dos puntos no es suficiente para un desarrollo sostenible, por lo que es necesario la mejora de las vías de acceso, debido a que en dicho país predominan los suelos arcillosos, los cuales generan dificultad para una buena estabilización que brinde mejorar en la capacidad de carga. Ulloa (2018), afirma que “producto de ello, se ve la necesidad de adicionar la cal como aditivo que mejore las condiciones de la capacidad de carga, dado que en zonas donde el suelo es arcilloso es complejorealizar trabajos constructivos”, (pág. 08). Asimismo, en el ámbito nacional, en la ciudad de Lima, se realizó varias pruebas con la utilización de cal como aditivo a fin de mejorar la subrasante de un suelo arcilloso, Moale y Rivera (2019), comenta que “las estadísticas presentan un 63.68% de la extensión que corresponde a los suelos arcillosos, durante la estación de lluvia y que traen problemas de grietas en la estación” (pág. 18).

Por lo que, en el ámbito local, en la ciudad de Tarapoto se ha venido evaluando los problemas más comunes que presentan las vías de acceso, siendo los suelos arcillosos los principales agentes para contrarrestar adecuada capacidad de carga del pavimento. Dicho ello, se realizó un estudio sobre la

estabilización de subrasante utilizando la cal para mejorar la capacidad portante, por lo que esta investigación nace a partir de la necesidad para tratar de mejorar los problemas que viene presentando los pavimentos, ya que se encuentran en pésimas condiciones por muchos factores, el investigador Flores(2020) señala que “así mismo se viene observando las los diversos problemas que están presentando los suelos arcillosos por su misma composición, como reducida capacidad portante, inestabilidad, elevada plasticidad, entre otros” (pág. 10).

El estudio actual, “Estabilización de una subrasante arcillosa utilizando cal para mejorar su capacidad de carga, Picota 2024”, se realizó teniendo en cuenta las difíciles circunstancias como el problema general: ¿Se podrá estabilizar una subrasante arcillosa utilizando cal para mejorar su capacidad de carga, Picota 2024?, además, se descubrieron los problemas específicos: ¿Identificar las características físico-químicas de la cal para aumentar su capacidad de carga, Picota 2024?; ¿Cómo mejorar propiedades físico-mecánicas y químicas a la subrasante arcillosa, en la que se investigará para aumentar su capacidad portante, Picota 2024?; ¿ Preparar el diseño de mezcla para estabilizar la subrasante arcillosa con y sin adición de cal, en porcentajes de 3%, 5% y 8%, Picota 2024?; ¿Compilar el diseño óptimo de mezcla utilizando cal para estabilizar la subrasante arcillosa, Picota 2024? ¿Es económicamente viable la adición de cal para estabilizar la subrasante, Picota 2024?; y, a continuación, se justifica teóricamente: se plantea la utilización de lcal como aditivo para estabilizar la subrasante.

La cal es un material propuesto dentro de la investigación por la diversidad que presenta en su composición, trasla Norma CE.020 Estabilización del suelo promoverá la idea de que todo debe construirse sobre una base sostenible; enseguida tenemos como justificación práctica: La investigación viene siendo propuesta con la finalidad de hacer uso de un material que brinde mejoras a la capacidad de carga de una subrasante arcillosa. La utilización pretende generar efectos positivos en el suelo, así mismodar mayor estabilidad a este tipo de suelo y ayudar a que sus propiedades mejoren; también la justificación por conveniencia: El estudio que se está plasmando tomo a la cal como material para adicionar a la subrasante, debido alas grandes y beneficiosas

propiedades que presenta, la cuales pueden contribuir de manera positiva a la estabilización de la subrasante arcillosa y por supuesto mejorar su capacidad de carga y evitar a futuro problemas comunes como se viene mencionando.

Este aditivo hidratado mejora la resistencia al agrietamiento, la resistencia a la deformación permanente, entre otros de esta manera Finalmente, la justificación social: Se proyecta la incorporación del material porque existe la necesidad de mejorar las condiciones del suelo arcilloso de uno de los tramos de la carretera Winge, en la cual presenta un alto índice de plasticidad más aún cuando la ciudad de Picota se encuentra en épocas de lluvia. Todo con el objetivo de mejorar el acceso por esa zona; Los siguientes métodos permitieron reconocer el **objetivo general**: Determinar el diseño de mezcla para estabilizar una subrasante arcillosa utilizando cal para mejorar su capacidad de carga, Picota 2024; dando lugar a los **objetivos específicos**: identificar las características físico-químicas de la cal para aumentar su capacidad de carga, Picota 2024; Determinar las características físicas – mecánicas y químicas de la subrasante arcillosa, lugar del proyecto de investigación destinado a mejorar su capacidad de carga, Picota 2024; Desarrollar el diseño de mezcla para estabilizar la subrasante arcillosa en porcentajes en peso de 3% 5% y 8% tanto con y sin adición de cal, Picota 2024; Desarrollar el diseño óptimo de la mezcla estabilizando la subrasante arcillosa con cal, Picota 2024; Determinar si la adición de cal a la subrasante la estabilizará económicamente, Picota 2024.

Así mismo como antecedentes internacionales: García (2022) manifiesta lo siguiente: “La utilización de cal como un aditivo para mejorar la capacidad de carga de un suelo arcilloso trae consigo ventajas favorables, en el que se logra una buena estabilización” (p. 15). El lugar del proyecto se llevó a cabo en los caminos rurales del país de Colombia. Suscitó como objetivo principal estabilización con cal de suelos naturales en varias carreteras, incluidas las rurales de Colombia. Respecto a la población se estableció cinco tramos de las zonas rurales, de los cuales se extrajo las muestras necesarias para los estudios correspondientes. Para la ejecución del proyecto se realizó una dosificación de cal adecuada para luego ser sometidos a ensayos en los

laboratorios correspondientes, así mismo se llegó a utilizar porcentajes de 3% y 6% de cal para tratar de mejorar la subrasante arcillosa; los instrumentos fueron fichas de registro de datos; se tomó la conclusión final que las propiedades físicas de los suelos expansivos mejoran considerablemente mediante la estabilización de los suelos con cal.

El aporte de este antecedente es que tiene un impacto significativo y positiva en la reducción de la plasticidad de los suelos; también se tiene a los autores, Rezabala y Ortiz(2023), que comentan lo siguiente: “La cal es un material considerado con abundantes beneficios en su composición por lo que fue factible el comportamiento que presentó dentro de la investigación realizada” (p.45). El lugar para la ejecución de proyecto fue en una de las vías de Tosagua-Chone sector bachillerato. Plantearon como objetivo a la estabilización del suelo procedente de una calicata, con los estabilizadores de cal y cemento. Respecto a la población comprende a la ejecución, preparación y curado de testigos empleando dos porcentajes que son el 1% y 3%, teniendo como principal variable el CBR. El presente proceso de estabilización fue ejecutado al suelo que se logró extraer del sector bachillerato, donde se pudo identificar una mejora al aplicar el 1% de aditivos como la cal y cemento. Como instrumentos se utilizaron, el corte directo, la prensa hidráulica. Se llegó a la conclusión que con el porcentaje del 3% logro incrementar más de 5 veces la resistencia del suelo patrón, por ende, la conclusión, El suelo estabilizado con 1% de cal tuvo un CBR de 2,03%, sin embargo, el suelo estabilizado con 3% de cal produjo un CBR de 7,15%. El aporte de este antecedente fue que se aprendió mucho más a cerca de los procedimientos y la utilización de los equipos de laboratorio a fin de poder tener buenos resultados dentro de nuestro proyecto;

Así también se presentan los antecedentes nacionales, los autores Angulo y Zabaleta (2020), manifiestan lo siguiente: “estabilización de un suelo arcilloso debe ser realizado de la manera correcta, con el uso de un aditivo, en este caso es recomendable hacerlo con la cal por la diversidad de propiedades que presenta” (p.13). El lugar fue prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan - Iquitos. Plantearon como objetivo investigar cómo se comportan las características físico-mecánicas de diversos tipos de suelos tras ser

estabilizadas con cal viva y cal hidratada. Respecto a la población se utilizó una metodología deductiva ya que se determinó los fenómenos de los suelos, con una orientación aplicada, basándose en las normativas vigentes de nuestro país. Para dicho estudio se empleó una dosis de 2%, 4% y 6% de cal hidratada y viva, en dos tipos de suelos, la primera calicata de alta plasticidad y la calicata dos de baja plasticidad, llegando a tener resultados que la cal viva aumenta la resistencia y reduce la densidad, por otro lado, la cal hidratada nos ofrece grandes resistencias. Se llegó a la conclusión que, en suelos arcillosos, se puede utilizar cal viva para la estabilización de suelos. El aporte de este antecedente se logró tener más conocimientos acerca del aditivo que se empleará en el trabajo con el único fin de lograr mejorar la capacidad de carga de una subrasante.

Así mismo, los autores, López y Ortiz (2018), comentan que: “En los últimos años muchos proyectos han venido probando los efectos de la cal en la subrasante, concluyendo que las consecuencias resultan ser favorables” (p.47). Los jirones de la Urb. San Luis sirvieron de emplazamiento al proyecto. Ambos plantearon como objetivo para determinar la proporción ideal de cal que debe aplicarse a la subrasante de las calles de Molinopata y Santo Domingo, posteriormente se utilizó como base estabilizada para la estructura de diferentes pavimentos. La población comprendía múltiples urbanizaciones a lo largo de las calles de Santo Domingo y Molinopata. Utilizando la metodología del proyecto, se calculó la proporción ideal de cal que debía añadirse a las muestras de suelo en intervalos del 2%, que oscilaban entre el 0% y el 8%, para medir posteriormente su resistencia al cizallamiento (CBR). Como resultados Tras realizar las pruebas finales de PH, se determinó que se necesitaba un 3% de cal y un 5% de cal en peso, respectivamente, para producir los resultados deseados en una de las muestras., que se realizaron en un laboratorio solo para determinar un segundo método, en crear núcleos de hormigón para los experimentos que contenían 4%, 6% y 8% de cal en peso seco para las pruebas las características físicas del suelo y calcular los valores de CBR de cada uno. Finalmente, la conclusión fue que un 8% de cal es adecuado para obtener una buena estabilidad del suelo estudiado, cumpliendo así los requisitos técnicos del MTC.

Además, el autor, Ñaupari (2021) afirma lo siguiente: “son necesarios estudios eficaces y normalizados realizados en laboratorios de suelos para obtener una mejor comprensión del problema investigado y de la forma de alcanzar una solución” (p.25). La ubicación del proyecto está situada en la ciudad de Lima Norte. Como objetivo recomiendan añadir cal al 2%, 4% y 6% para estabilizar arenas arcillosas de plasticidad media con el fin de mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo. Esto se consideraría un proceso experimental, ya que se trata de un experimento puro. Respecto a la población se determinó a una serie de calles que están ubicadas en Lima Norte. En el laboratorio de Mateslab se realizaron ensayos mecánicos y físicos, de acuerdo con las normas técnicas peruanas, tanto en suelos naturales como en suelos tratados con cal en los porcentajes adecuados. Los resultados se comprobaron que era una subrasante muy aceptable y adecuada mediante el ensayo Proctor Modificado, con un aumento de la densidad de 1,79 g/cm³ a 1,93 g/cm³, un ligero descenso del contenido de humedad de 11,5% a 11,4% y un aumento del porcentaje de CBR de 5,9% a 20,70%. Finalmente se llega a la conclusión que la adición de cal y aceite sulfonato mejora las cualidades mecánicas del suelo.

Y, por último, como antecedentes locales, se tiene a los autores, Garibay y Zúñiga (2022) menciona que: “El uso de la cal como un aditivo trae efectos favorables a la estabilización de un suelo arcilloso, es así que se ha concluido que la utilización de este material en cantidades adecuadas proporciona ventajas a la capacidad de carga” (p.28). El lugar del desarrollo del trabajo se dio en el jr. Villa Santa Rosa Cuadra I y II de la ciudad de Tarapoto. Como objetivo era sugerir un remedio para los problemas causados por la transitividad mediante la adición de un aditivo, como la cal, en un esfuerzo por mejorar las características físicas de la subrasante. La muestra constaba de dos bloques. Dicha investigación presenta un estudio de tipo aplicada ya que se logró investigar en similares características, a través del respaldo de los estudios previos. También incluye un estudio cuantitativo y experimental. Como parte de la presente investigación se realizarán dos calicatas de 1,50 m de profundidad en los bloques descritos anteriormente. Con el fin de crear una subrasante que satisfaga las especificaciones y limitaciones del estudio CBR,

la siguiente etapa consiste en realizar una comparación eficaz de la inclusión de cal en porcentajes del 3%, 5% y 8%. La conclusión fue que con el 8% de adición de cal se obtiene mejores resultados ya que presenta una mejoría en cuando a las propiedades físicas mecánicas de la subrasante.

También se tiene al autor, Pezo (2018) nos dice que: “La subrasante desempeña un papel muy importante para el diseño de un pavimento rígido por lo que es cada vez más frecuente que se busque aditivos, en este caso fue la cal, la cual trajo resultados positivos” (p.49). El lugar donde se llevó a cabo el estudio fue en el jirón la unión, Juan Guerra – San Martín. Tuvo como objetivo implementar cal en porcentajes adecuados para mejorar la subrasante y ser utilizada en pavimentos rígidos. La muestra abarco toda la calle la Unión, Juan Guerra – San Martín. De acuerdo con una investigación preexperimental previa, se utilizó una metodología experimental. así mismo se tiene como muestra de estudio una longitud de 7 cuadras desarrollando trabajos de laboratorio, gabinete y campo los cuales nos ayudaron para la obtención de resultados logrados, Con la ayuda del estudio topográfico, que permitió recoger los perfiles, y del estudio del tráfico, que arrojó un índice medio diario de =22, se pudieron recoger muestras in situ y enviarlas al laboratorio correspondiente, La conclusión es que los valores de CBR permiten garantizar que el espesor de diseño del firme puede disminuirse añadiendo cal a la subrasante.

Se mencionan las teorías relacionadas a la variable independiente: “Subrasante arcillosa utilizando cal”, presenta como definición conceptual, Elizondo, Navas Y Sibaja (2018). Definen a la cal como un material inorgánico, el cual esta principalmente compuesto por oxido de calcio, el cual es obtenido a través de la calcinación de rocas calizas. Este material suele ser en múltiples campos como en la industria, la construcción, la metalurgia y entre otros campos como químicos e industriales. Cabe hacer mención que este producto aun es empleado en grandes cantidades en las construcción e ingeniería. Como definición operacional, consistirá en la utilización de la cal en proporciones del 3%, 5% y 8% para la estabilización de la subrasante arcillosa. Se utilizará cal a fin de mejorar la capacidad de carga de la subrasante arcillosa. La NTP 339.134 «Clasificación de suelos», la NTP

339.127 «Contenido de humedad» y la NTP 339.134 «Clasificación de suelos» servirán de base para todos los ensayos realizados.

Según Ríos (2021) sus estudios sobre la estabilización con cal seven muy favorecida por su integración, ya que no sólo aumenta las cualidades mecánicas de la subrasante, sino también su capacidad portante (p.48). En cuanto, a las dimensiones, También se mencionan las características químicas y físicas de la cal, las características mecánicas y físicas del suelo eliminado y las propiedades mecánicas. Se tiene a Angulo Y Zavaleta (2020), donde mencionan que es de suma importancia conocer la subrasante arcillosa a fin de poder evaluar el nivel de problema y cuanto es que necesita ser mejorada, así mismo, el índice de plasticidad el cual es expresado mediante el porcentaje de peso seco de una muestra determinada (p.23). Así mismo, los indicadores, absorción y peso específico para la primera dimensión, granulometría y tipo de suelo para la segunda dimensión, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión para la tercera dimensión. Escala de medición, de razón.

De tal modo, se tiene la variable dependiente: “capacidad de carga” respecto a la definición conceptual, está Pinto, (2021). Define a la capacidad de carga como aquella disposición que debe presentar todo terreno para aguantar una carga determinada sin que se vea afectado. Es importante mencionar que la disposición mencionada no solo depende de la capacidad el suelo sino también de la distribución de las diversas cargas en un punto determinado. En cuanto, a la definición operacional, Se aplicará una cantidad específica de cal para aumentar la capacidad portante del subsuelo arcilloso. Según la autora, Flores (2020), manifiesta la importancia de establecer cantidad adecuadas de adición de cal a la subrasante para lograr efectos positivos, siempre y cuando tomando sustento de investigaciones realizadas con anterioridad (p.19). Como dimensiones, se tiene a la capacidad de carga – resistencia y a la factibilidad económica. Por tanto, como indicadores, CBR con adición de cal al 3%, 5% y 8% y el presupuesto. Escala de medición, de razón.

En consecuencia, pasamos a determinar la hipótesis que dio lugar a la hipótesis general: La capacidad de carga de una subrasante arcillosa puede aumentarse estabilizándola con cal, Picota 2024. A continuación, se exponen

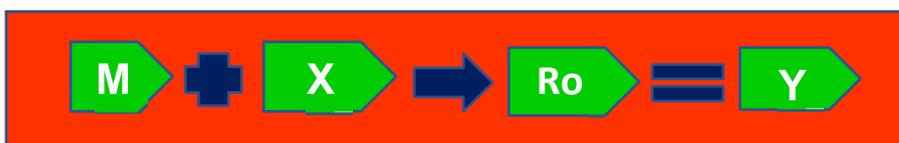
las hipótesis específicas: Las características químicas y físicas de la cal aumentarán su capacidad para soportar cargas. Picota 2024; Las características mecánicas, químicas y físicas de la subrasante arcillosa aumentarán su capacidad de carga, Picota 2024; Su capacidad de carga se incrementará mediante el diseño de la mezcla para estabilizar la subrasante arcillosa con/sin adición de cal al 3%, 5% y 8% en peso, Picota 2024.; La subrasante arcillosa se estabilizará mejor con el diseño óptimo de mezcla aumentando su capacidad portante, Picota 2024; La cal es barata, por lo que añadirla a la subrasante lo estabilizará a un coste razonable., Picota 2024.

II. METODOLOGÍA

Tipo, enfoque y diseño de investigación: la investigación dentro del proyecto es definido como conjunto de métodos que tienen como único fin buscar respuestas a las preguntas que se planteen en un proyecto sobre un determinado objeto según Reidl (2018). Para nuestro estudio se establecerá una investigación del tipo aplicada porque está se enfoca en la búsqueda por adquirir aprendizajes y ser puestos en práctica Nicomedes (2019). Ahora el tipo de investigación según el manual de Oslo de la organización para la cooperación y desarrollo económico(OCDE) será la mejora de la eficiencia económica y la competitividad. Correspondiente a nuestro trabajo de investigación muestra un enfoque cuantitativo correlacional transversal, dado que se empleó como método la recolección de datos cuantitativo y así obtuvo un mejor resultado ante la serie de preguntas dentro de la investigación Ávila et al. (2018). Relacionado a nuestro estudio, el diseño de investigación correspondió a un análisis pre experimental, puesto que serán los autores del estudio los únicos que tendrán la autorización de manipular la cal (variable independiente), Dicho de otro modo, el propósito de este diseño fue evaluar cómo la variable independiente «cal» afecto a la variable dependiente “capacidad portante”. Álvarez (2020).

Figura 1

Conducta de las variables del estudio preexperimental



Fuente: Propia de los investigadores

Donde:

M= Subrasante arcillosa

X= Utilización de la cal

Ro: Resultados

Y= Estabilización de subrasante arcillosa

Posterior a todo lo mencionado, se muestra la representación del diseño pre experimental:

Posterior a todo lo mencionado, se muestra nuestro diseño preexperimental:

Tabla 1

Diseño preexperimental de las pruebas de investigación

| Grupo | | | | | | |
|--------------|----------------------------------|---------|----------------------------------|----------|----------------------------------|----------|
| GC 1 | X1 (3%) | O1 (7d) | X2 (5%) | O1 (14d) | X3 (8%) | O3 (28d) |
| GC 2 | X2 (5%) | O1 (7d) | X1 (5%) | O1 (14d) | X2 (5%) | O5 (28d) |
| GC 3 | X3 (8%) | O1 (7d) | X1 (8%) | O1 (14d) | X2 (8%) | O8 (28d) |
| GC 0 | M ₀ – (Prueba Piloto) | | M ₀ – (Prueba Piloto) | | M ₀ – (Prueba Piloto) | |

Fuente: Propia de los investigadores

Donde:

GE: Grupo experimental

GC: Grupo control (subrasante sin utilización de cal)

X0: Diseño de mezcla sin incorporación de cal.

X1: Subrasante utilizando el 3% de cal

X2: Subrasante utilizando el 5% de cal

X3: Subrasante utilizando el 8% de cal

O1, O2, O3= Las evoluciones se realizaron en los 7,14 y 28 días

Variables/Categorías: Variable independiente: Subrasante arcillosa utilizando cal, **Definición conceptual,** Elizondo, Navas Y Sibaja (2018) menciona a la cal como un material inorgánico, el cual esta principalmente compuesto por oxidode calcio, el cual es obtenido a través de la calcinación de rocas calizas. Este material suele ser en múltiples campos como en la industria, la construcción, la metalurgia y entre otros campos como químicos e industriales.

Definición operacional, la utilización de la cal en proporciones del 3%, 5% y 8% para estabilizar la subrasante arcillosa, a fin de mejorar la capacidad de carga. Dimensiones, Se analizan las características físico-químicas y mecánicas de la cal, las características físico-mecánicas del suelo extraído, la dosificación, el análisis de costes y otros aspectos.}, se tiene como Indicadores, absorción y peso específico para la primera dimensión, granulometría y tipo de suelo para la segunda dimensión, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión para la tercera dimensión. Escala de

medición, la razón. Variable dependiente: **capacidad de carga**, definición conceptual, Pinto, (2021). Define a la capacidad de carga como aquella disposición que debe presentar todo terreno sin que se vea afectado. Es importante mencionar que la disposición no solo depende de la capacidad del suelo sino también de la distribución de las diversas cargas en un punto determinado. Definición operacional, la aplicación de cal en concentraciones específicas -3%, 5% y 8%- para aumentar la capacidad portante de la subrasante arcillosa. Dimensiones, se tiene a la capacidad de carga – resistencia y a la factibilidad económica. Como indicadores, la evaluación de las roturas a los 7,14 y 28 días, Escala de medición, la razón.

Población, muestra y muestreo: Población Según los autores Arias (2021), definen a la población como aquel conjunto de elementos que presentan cualidades o características similares, así mismo, es también conocido como la totalidad de elementos pertenecientes a una investigación. Respecto a nuestro trabajo de investigación, la población correspondiente de esta investigación se encuentra ubicada en el tramo Winge provincia de Picota en la progresiva 00+000 km – 08+000 km, que tiene por coordenadas UTM en Latitud 610674.96 y la longitud 663305.5 para llegar al objetivo propuesto de nuestra investigación.

Criterios de inclusión: condiciones de la subrasante arcillosa, correctas dosificaciones **Criterios de exclusión:** materiales inadecuados para el estudio, **muestra:** Abreu (2018), en su análisis a cerca de la muestra de una investigación, manifiesta que esta es considerada como solo una parte del total de la población, para la calicata N°01 se tiene El estrato Inferior. - Esta conformado de Suelo Tipo (CL) o Arcilla inorgánica de Baja plasticidad; color marrón, según la clasificación SUCS y según la clasificación AASHTO pertenecientes a los grupos y sub - grupos A-6(10), Humedad Natural 17.41%, a una profundidad de 0.00 – 1.50 de acuerdo con la Norma CE. 020 suelos y taludes de la RNE, para la calicata N°02 se tiene un estrato inferior, está conformado de Suelo Tipo (**CL**) o Arcilla inorgánica de Baja plasticidad; color marrón, según la clasificación SUCS y según la clasificación AASHTO pertenecientes a los grupos y sub - grupos A-6(11), Humedad Natural 18.44%, a una profundidad de 0.00 – 1.50 nuestra. Para la

calicata N°03 se tiene El estrato Inferior. - Esta conformado de Suelo Tipo **(CL)** o Arcilla inorganica de Baja plasticidad; Color Marron, segun la Clasificacion SUCS y segun la Clasificacion AASHTO pertenecientes a los grupos y sub - grupos A-6(11), Humedad Natural 19.00%, a una profundidad de 0.00 – 1.50 m. Esta investigación se lleva a cabo en los progresivos 3+000 km del sector Winge - Picota como zona clave y coordenadas UTM en Latitud 610674.96 y la longitud 663305.5, Un total de 30 kg de material se extrae para las pruebas de varios tipos para lograr una de las dosis de 3%, 5% y 8%.

Muestreo: Para el desarrollo de nuestro trabajo se estableció un muestreo **no probabilístico**. Se tiene a los investigadores Otzen y Manterola (2018) que lo definen como aquel método que tiene menor rigor debido a que muestra dependencia de un mayor dimensionamiento de la experiencia de un investigador. En cuanto al trabajo previsto, es importante señalar que el M.C.S, Geología y Pavimentos se utilizarán exclusivamente para reforzar las conclusiones del proyecto y darles mayor legitimidad. Se añadió cal en cantidades del 3%, 5% y 8% para mejorar las características mecánicas de la subrasante arcillosa.

Tabla 2:

Muestras de la cal (óxido de calcio)

| Cal | Edades | | | Sub total |
|-------|--------|---------|---------|-----------|
| | 7 días | 14 días | 28 días | |
| 0% | 1 | 01 | 01 | 03 |
| 3% | 1 | 01 | 01 | 03 |
| 5% | 1 | 01 | 01 | 03 |
| 8% | 1 | 01 | 01 | 03 |
| Total | | | | 12 und |

Fuente: Propia de los tesisistas

Técnicas e instrumentos de recolección de datos: según Campos (2021), en su investigación se abordó las técnicas de recogida de datos, que define como un conjunto de instrumentos fundamentales empleados en toda investigación con el único fin de localizar y seleccionar datos pertinentes que hagan avanzar el proyecto. Respecto a nuestra investigación se empleará

como técnica la extracción de muestra del punto más crítico en el sector Winge – Picota para adicionar cal con el 3%,5% y 8 %. Según el siguiente detalle:

a) 97% ARCILLA y 3% DE CAL.

Corresponde al Suelo Tipo (CL) o Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad, según la Clasificación SUCS y según la Clasificación AASHTO pertenecientes a los grupos y sub-grupos A-6(11), se puede utilizar dicho material para mejoramiento.

b) 95% ARCILLA y 5% DE CAL.

Corresponde al Suelo Tipo (CL) o Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad, según la Clasificación SUCS y según la Clasificación AASHTO pertenecientes a los grupos y sub-grupos A-6(5), se puede utilizar dicho material para mejoramiento.

c) 92% ARCILLA y 8% DE CAL.

Corresponde al Suelo Tipo (CL) o Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad, según la Clasificación SUCS y según la Clasificación AASHTO pertenecientes a los grupos y sub-grupos A-6(9), se puede utilizar dicho material para Mejoramiento

Instrumento Alegre (2021), señala dentro de su artículo investigativo que el instrumento dentro de una investigación desempeña un papel fundamental para encontrar las respuestas ante la serie de interrogantes que se plantean dentro del estudio, a fin de poder extraer lo más relevante posible e importante de toda información. Para nuestra investigación se suscitará el uso de un laboratorio de suelos que cuente con equipos estandarizados que serán validados y confiables.

Tabla 3*Técnica e instrumentos de la presente investigación.*

| Técnica | Instrumento | Fuente |
|-----------------------------------|------------------------|---------------|
| Límite de consistencia | Formato de laboratorio | ASTM D-4318 |
| Análisis mecánico por Tamizado | Formato de laboratorio | ASTM D-422 |
| CBR (Relación Soporte California) | Formato de laboratorio | AASHTO T 193 |
| Clasificación SUSCS - AASHTO | Formato de laboratorio | ASTM D-2487 |
| Proctor Estándar | Formato de laboratorio | ASTM D 698 |

Fuente: Elaboración de los tesis

Métodos para el análisis de datos: Arias (2021) define como un medio que permite la utilización de diversas técnicas a fin de conseguir, tener un orden y trabajar toda la información. Para la investigación se empleó el uso del laboratorio debidamente certificado así mismo el desarrollo del software, análisis de la matriz, confirmación de la herramienta que se va a utilizar, e interpretación y visualización de los datos variables, para la obtención de la información de las combinaciones N°01 de 97% de arcilla y 3% de cal se utilizaron instrumentos debidamente calibrados, así como para la segunda combinación del 95% de arcilla y 5% de cal, y también para la tercera combinación de 92% de arcilla y 8% de cal. **Aspectos éticos:** Todo lo que se plasmó en el proyecto no hubiese sido posible sin la Guía de Productos Observables, la norma ISO 690-2, y menosaún el código de ética de la investigación de la Universidad César Vallejo N°470 - 2021/UCV, que defiende los principios morales y los derechos de los escritores de tesis, revistas, normas y artículos científicos, que nos proporcionó citar lo expuesto de presentar de manera clara y precisa todos los resultados que se obtengan del laboratorio. Se ha utilizado la normativa ISO 690 para la utilización de la citación de la información y para ser utilizado en las referencias bibliográficas.

III. RESULTADOS

3.1 Se logrado identificar las características físico – químicas de la cal para aumentar su capacidad de carga, Picota 2024.

Tabla 4

Propiedades físicas - químicas de cal

| Cal | Detalle |
|--|-------------------------------|
| Características físicas | Sólido |
| Estado | Blanco |
| Color | Sin olor |
| Olor | |
| Características químicas | |
| Concentración | Mayor a 78% de cal útil |
| Punto fusión (°C) | 2590 °C |
| Punto ebullición (°C) | 2850 °C |
| Densidad relativa (g/cm ³) | 4.17 g/cm ³ a 18°C |
| Densidad aparente (kg/m ³) | 900 kg/m ³ |
| Masa molar (g/mol) | 57.06 g/mol |
| Solubilidad de agua | 1.70 g/l (20°C) |
| Valor de PH | Ca (OH) ₂ |

Fuente: elaboración propia de los tesisistas

Interpretación

Con un color blanco sólido y sin olor, las características químicas resultaron tener una mayor concentración al 78% de cal útil, lo que condujo a los puntos de fusión y ebullición de 2590 °C y 2850 °C. Como resultado, la densidad relativa a 20 °C era de 4,17 g/cm³, y la densidad aparente era de 950 kg/cm³. Por último, la masa molar era de 57,06 g/mol, la solubilidad en agua era de 1,70 g/l (20°C) Ca (OH)₂, y se determinó que el valor PH era de 0.0 g/l.

3.2 Se ha logrado determinar las características físicas – mecánicas y químicas de la subrasante arcillosa, lugar del proyecto de investigación destinado a mejorar su capacidad de carga, Picota 2024.

Tabla 5:

Características físicas – mecánicas y químicas

| Características | C-1 | C-2 | C-3 |
|--|------------|------------|------------|
| Físicas - mecánicas | | | |
| L.L (%) | 37.90 | 39.09 | 37.70 |
| L.P (%) | 20.20 | 20.25 | 19.85 |
| I.P (%) | 18.75 | 19.80 | 17.85 |
| % malla N°4 | 100 | 100 | 100 |
| % malla N° 200 ASTM | 72.60 | 78.40 | 75.80 |
| SUCS | CL | CL | CL |
| AASHTO | A-6 (11) | A-6 (11) | A-6 (11) |
| Hum. Natural “In Situ” (%) | 17.41 | 18.44 | 19.00 |
| Prof. de perforación (m.) | 0.0-1.5 | 0.0-1.5 | 0.0-1.5 |
| Capacidad Portante kg/cm ² | | 0.82 | |
| Químicos | | | |
| pH | 4.07 | 4.07 | 4.07 |
| C.E. | 0.306 | 0.306 | 0.306 |
| Sales Solubles (PPM) | 0.037 | 0.036 | 0.036 |
| (PPM) | 0.00130 | 0.00130 | 0.00130 |
| (PPM) | 0.0040 | 0.0040 | 0.0040 |

Fuente: *Elaboración propia de los tesisistas*

Interpretación

Se determinó las características físicas se utilizaron las muestras Calicata N°1, N°2 y N°3. Como resultado, nuestra muestra de suelo pasó a través del tamizaje N°200 (apertura 0,074 mm) y fue clasificada como suelo (CL) por el SUCS; C-N°1, por otro lado, fue un suelo más pobre con valores correspondientes de L.L. = 37,90%, L.P. = 20,20%, IP= 18,75%, Hum. Natural “In Situ” de 17,41%, y Capacidad Portante de 0,82 kg/cm². En definitiva, se clasificó como arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL). Se designó como suelo de arcilla inorgánica de baja plasticidad, o A-6(11),

después de que la AASHTO examinara los porcentajes de suelo que pasaban por el tamiz número 4, así como sus cualidades plásticas y el IG. En consecuencia, es importante conocer los valores de LL, LP e IP. Tienen características químicas de pH de 4.07%, C.E. de 0.306, Sales solubles (PPM) es de 0.037%, Cloruros (PPM) 0.00130, Sulfatos (PPM) es de 0.0040.

Tabla 6

Proctor M. Y CBR del terreno de fundación

| | | Proctor modificado y CBR | | | Expansión | | | |
|---|------|--------------------------|--------------|--------------|---------------|---------|----------|-----------|
| | | Dens. Máx | Opt. Hum (%) | C.B.R al 95% | C.B.R al 100% | Molde I | Molde II | Molde III |
| Suelo (CL) o arcilla inorgánica de mediana plasticidad, | Tipo | (gr/cc) | (%) | Dens. Máx | Máx. | | | |
| Calicata 01,02,03 | | 1.811 | 12.2 | 6.00 | 9.4 | 3.19 | 3.35 | 3.58 |

Fuente: *Elaboración propia de los tesis*

Interpretación.

Dado que el suelo fue compactado hasta un máximo de 12,2%, pudimos obtener el porcentaje ideal de humedad en nuestros resultados. Adicionalmente, observamos que el Grupo Control (Calicata N°03) tuvo una densidad seca máxima de 1,811gr/cm³, un CBR de 6.0 al 95% de la densidad máxima y de 9,40 al 100%, y una expansión con valores de 3,19%, 3,35% y 3,58%.

3.3 Se ha logrado desarrollar el diseño de mezcla para estabilizar la subrasante arcillosa en porcentajes en peso de 3% 5% y 8% tanto cony sin adición de cal, Picota 2024.

Tabla 7

Combinación con y sin adición de cal, al 3%, 5% y 8% del total.

| Material | Patrón | 3% | 5% | 8% |
|--------------|--------|-----|-----|-----|
| Arcilla (gr) | 500 | 485 | 475 | 460 |
| cal | 0 | 15 | 25 | 40 |

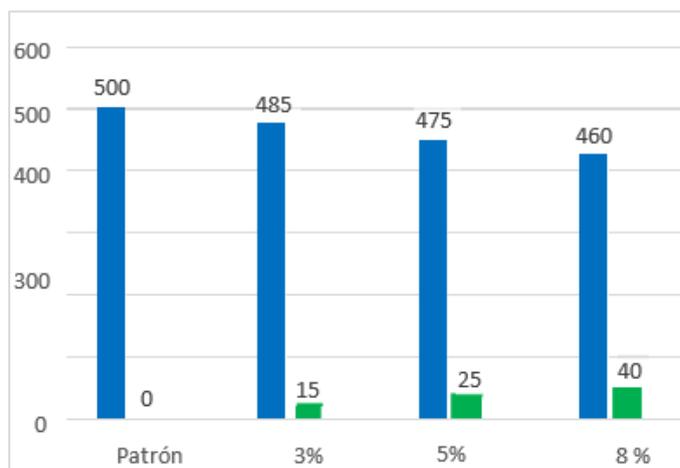
Fuente: *Elaboración propia de los tesistas*

Interpretación

Se comprobó que se utilizaban 485 gramos de arcilla y 15 gramos de cal en la primera combinación al 3%, 475 gramos de arcilla y 25 gramos de cal en la segunda combinación al 5%, y 460 gramos de arcilla y 40 gramos de cal en la tercera combinación al 8.

Figura 2

Diseño de mezcla con y sin adición de cal



Fuente: *Elaboración propia de los tesistas*

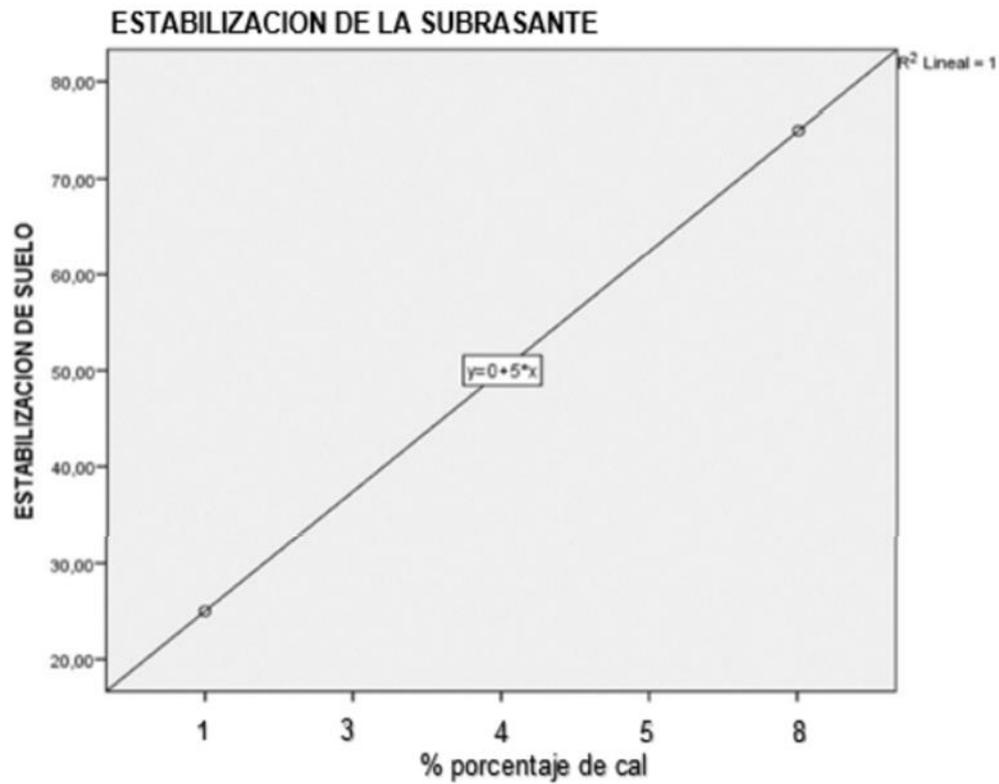
Interpretación

La muestra patrón pesaba 500 kg, y se observó que en el primer 3% se utilizaban 485 gramos de arcilla y 15 gramos de cal; en el segundo 5%, 485gramos de arcilla y 25 gramos de cal; y en el tercer 8%, 460 gramos de arcilla y 40 gramos de cal. Estas observaciones ayudaron a decidir el diseño de cada combinación.

3.4 Se ha logrado desarrollar el diseño óptimo de la mezcla estabilizando la subrasante arcillosa con cal, Picota 2024.

Figura 3

Diseño óptimo para estabilización de la subrasante utilizando cal



Interpretación

Para estabilizar el suelo a nivel de la subrasante, el porcentaje óptimo es del 8%. Esta combinación de 92% de arcilla, 8% de cal y 100% de CBR de 5,10 se alcanzó.

Tabla 8*Dosificación de diseño de mezcla con adición de la cal*

| Característica smecánicas | físicas | Combinación | Combinación | Combinación |
|-------------------------------|---------|--|---|--|
| | | : 97% Arcilla y 3% cal. Muestra - 1 | :95% Arcilla y 5% Cal. Muestra - 2 | : 92% Arcilla y 8% Cal Muestra - 3 |
| L.L (%) | | 37.70 | 34.80 | 36.00 |
| L.P (%) | | 21.05 | 21.10 | 23.10 |
| I.P (%) | | 16.55 | 14.70 | 13.70 |
| % malla N° 4 | 100 | 100 | 100 | % malla N° 4 |
| % malla N° 200 ASTM | 76.80 | 55.10 | 77.10 | % malla N° 200 ASTM |
| SUCS | CL | CL | CL | SUCS |
| AASHTO | A-6(11) | A-6(5) | A-6(9) | AASHTO |
| Hum. Natural "In Situ" (%) | 17.23 | 20.05 | 18.70 | Hum. Natural "In Situ" (%) |

Fuente: *Elaboración propia de los tesisistas*

Interpretación

El diseño óptimo se eligió basándose en los siguientes resultados físicos: La **primera combinación** tiene los siguientes valores: contenido de humedad natural "In Situ" del 17,23%, SUCS de CL (arcilla de baja plasticidad) y su correspondiente clasificación AASHTO de A-6(11), L.L. al 37,70%, L.P. al 21,05%, e I.P. al 16,55%. **Segunda combinación:** CL (arcilla de baja plasticidad) según la SUCS, A-6(5) según la clasificación AASHTO, L.L. al 34,80% para L.P. al 21,10%, para I.P. al 14,70, y 20,05% para humedad natural "In Situ". En la **tercera combinación** se incorporó SUCS de CL (arcilla de baja plasticidad) y su AASHTO de A-6(9), un L.L. al 36,00%, un L.P. al 23,10%, un I.P. al 13,70%, y una humedad natural "In Situ" del 18,70%. **La tercera combinación**, compuesta por un 92% de arcilla y un 8% de cal, superó a las anteriores combinaciones investigadas en cuanto al cumplimiento de la capacidad de carga del suelo arcilloso de la subrasante.

Tabla 9*Proctor M. y CBR en la tercera combinación al 8%*

| | | P.M y CBR | | | Expansión | | | |
|--|------|-----------|-------------|-----------------------|-------------------------|---------|----------|-----------|
| | | Dens. Máx | Opt.Hum (%) | C.B.R al 95% Dens.Máx | C.B.R al 100% Dens Máx. | Molde I | Molde II | Molde III |
| Suelo (CL) tercera combinación con el 92% arcilla, 8% de cal | Tipo | 1.83 | 12.10 | 6.6 | 9.0 | 3.15 | 3.38 | 3.53 |

Fuente: *Elaboración propia de los tesis***Interpretación**

La compactación produjo la mejor densidad seca de la tercera combinación - 8% de cal y 92% de arcilla - así como el contenido de humedad deseado de 12,10%. Después de la prueba, se encontró que la estimación del CBR para el grupo de control de la muestra N°3 cae en la categoría de "subrasante pobre" en 5.80%, mientras que la estimación del CBR para el grupo que añadió cal al 8% cae en la categoría de "subrasante regular" en 7.50%. La muestra 3 tiene un CBR de 9,0 al 100% y de 6,6 al 95% de la densidad máxima, con un valor de 1,83 gr/cm³. Los valores de la expansión son 3,15%, 3,38% y 3,53%, la capacidad de la subrasante viene determinada por el MTC.

3.5 Se ha logrado determinar si la adición de cal a la subrasante laestabilizará económicamente, Picota 2024.

Tabla 10

Costo por m3 de mezcla de cal en lugar del material afirmado compactado.

| Detalle | Afirmado en subrasante | Subrasante + Cal |
|---------|------------------------|------------------|
| Und | m3 | m3 |
| Metrado | 9000 | 9000 |
| C.U*m3 | 29.45 | 20.75 |
| C.P*m3 | 65,050 | 86,750 |
| Total | 5,050 | 6,750 |

Fuente: *Elaboración propia de los tesistas*

Interpretación

Tras la adición de cal, el coste de reposición del material para estabilizar la subrasante se redujo a 20,75 soles por m3 desde la estimación inicial de 29,45 soles por m3.

IV. DISCUSIÓN

Se utilizó directrices para las pruebas de procesamiento de acuerdo con la norma mencionada en el marco teórico, que incluye el estado físico, con el fin de alcanzar el primer objetivo de determinar las propiedades físico-químicas de la cal para aumentar su capacidad de carga. Como resultado, se determinaron las siguientes características químicas: concentración superior al 78% de cal útil; puntos de fusión y ebullición de 2590 y 2850 grados Celsius; densidad relativa de 3,38 g/cm³ a 20 grados Celsius; densidad aparente de 950 kg/cm³; masa molar de 57,06 g/mol; solubilidad en agua de 1,68 g/l (20°C) forma hidróxido de calcio; y valor de pH. En comparación con Alva y Pezo (2021) científica "Eficacia de la cal como aditivo estabilizante en función del grado de expansión de la arcilla" señala que la cal estructural, cuando se utiliza como agente estabilizante, tiene la capacidad de absorber agua y refuerza los suelos arcillosos al encapsular las partículas de arcilla.

De la comparación de las investigaciones se desprende que se examinaron diversas propiedades. En el segundo objetivo se determinó las características físicas como resultado, nuestra muestra de suelo pasó a través del tamizaje N°200 (apertura 0,074 mm) y fue clasificada como suelo (CL) por el SUCS; C-N°1, por otro lado, fue un suelo más pobre con valores correspondientes de L.L. = 37,90%, L.P. = 20,20%, Índice de Plasticidad (IP) = 18,75%, Hum. Natural "In Situ" de 17,41%, y Capacidad Portante de 0,82 kg/cm². En definitiva, se clasificó como arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL). Se designó como suelo de arcilla inorgánica de baja plasticidad, o A-6(11), después de que la AASHTO examinara los porcentajes de suelo que pasaban por la malla número 4, así como sus cualidades plásticas y el IG. En consecuencia, es importante conocer los valores de LL, LP e IP. Tienen características químicas de pH de 4.07%, C.E. de 0.306, Sales solubles (PPM) es de 0.037%, Cloruros (PPM) 0.00130, Sulfatos (PPM) es de 0.0040.

Dado que el suelo fue compactado hasta un máximo de 12,2%, pudimos obtener el porcentaje ideal de humedad en nuestros resultados. Adicionalmente, observamos que el Grupo Control (Calicata N°03) tuvo una densidad seca

máxima de 1,811gr/cm³, un CBR de 6.0 al 95% de la densidad máxima y de 9,40 al 100%, y una expansión con valores de 3,19%, 3,35% y 3,58%. se identificó la investigación de Ñaupari (2021) que el Proctor Modificado demuestran que se logró incrementar la densidad de 1.79gr/cm³ a 1.93 gr/cm³,

osteriormente a ello también se redujo de manera leve el contenido de humedad de 11.5% a 11.4%, así mismo el porcentaje CBR aumentó de 5.9% a 20.70% llegando a ser una subrasante muy buena y adecuada, De la comparación de los dos resultados se desprende que existen diferencias significativas en los diseños de mezcla utilizados para la estabilización del suelo, ya que el diseñador evaluará cómo se utiliza. En el tercer objetivo Hubo una dosificación para cada combinación, y se comprobó que se utilizaban 485 gramos de arcilla y 15 gramos de cal en la primera combinación al 3%, 475 gramos de arcilla y 25 gramos de cal en la segunda combinación al 5%, y 460 gramos de arcilla y 40 gramos de cal en la tercera combinación al 8%. La muestra patrón pesaba 500 kg, y se observó que en el primer 3% se utilizaban 485 gramos de arcilla y 15 gramos de cal; en el segundo 5%, 475 gramos de arcilla y 25 gramos de cal; y en el tercer 8%, 460 gramos de arcilla y 40 gramos de cal.

Estas observaciones ayudaron a decidir el diseño de cada combinación, en cambio de. Garibay y Zúñiga (2022) en su investigación "El uso de la cal como un aditivo trae efectos favorables a la estabilización de un suelo arcilloso, es así que se ha concluido que la utilización de este material en cantidades adecuadas proporciona ventajas a la capacidad de carga" realizar una comparación efectiva de la incorporación de la cal en porcentajes de 5%, 10% y 15% con el objetivo de una subrasante que cumpla con las especificaciones y parámetros del ensayo de CBR, fue que con el 8% de adición de cal se obtiene mejores resultados. De la comparación de los dos resultados se desprende que el diseño de la mezcla para la estabilización del suelo difiere significativamente ya que el diseñador evaluará cómo se utiliza. En cuanto al cuarto objetivo para estabilizar el suelo a nivel de la subrasante, el porcentaje óptimo es del 8%. Esta combinación de 92% de arcilla, 8% de cal y 100% de CBR de 5,10 se alcanzó.

La compactación produjo la mejor densidad seca de la tercera combinación - 8% de cal y 92% de arcilla - así como el contenido de humedad deseado de 12,10%.

Después de la prueba, se encontró que la estimación del CBR para el grupo de control de la muestra N°3 cae en la categoría de "subrasante pobre" en 5.80%, mientras que la estimación del CBR para el grupo que añadió cal al 8% cae en la categoría de "subrasante regular" en 7.50%. La muestra 3 tiene un CBR de 9,0 al 100% y de 6,6 al 95% de la densidad máxima, con un valor de 1,83 gr/cm³. Los valores de la expansión son 3,15%, 3,38% y 3,53%, la capacidad de la subrasante viene determinada por el MTC. En comparación de Rezabala y Ortiz (2023), en su tesis, que con el porcentaje del 3% logró incrementar más de 5 veces la resistencia del suelo patrón, llegando a la conclusión, que el suelo estabilizado con el 1% obtuvo un CBR de 2,03%, mientras que con el 3% de cal el CBR del suelo fue de 7.15%. De la comparación de los dos resultados se desprende que las dos combinaciones de dosificación satisfacen los requisitos de estabilidad del subsuelo. De acuerdo al último objetivo tras la adición de cal, el coste de reposición del material para estabilizar la subrasante se redujo a 20,75 soles por m³ desde la estimación inicial de 29,45 soles por m³.

V. CONCLUSIONES

Se comprobó que la concentración de cal utilizable era superior al 78%. Sus puntos de fusión y ebullición se determinaron en 2590 °C y 2850 °C, respectivamente. A 20°C, la densidad relativa de la cal era de 4.17 g/cm³, y su densidad aparente era de 950 kg/cm³. El suelo más crítico, la fosa de ensayo N°01, se determina como grupo de control (GC).

Las propiedades físico-mecánicas y los parámetros químicos del suelo se determinaron mediante pruebas de análisis granulométrico por tamizado y límites de Atterberg, que produjeron efectivamente un suelo clasificado por la AASHTO (A-6(11)) que se clasifica como suelos arcillosos, que van desde suelos moderados a pobres, ya través del SUCS, un suelo (CL) de arcilla inorgánica de baja plasticidad.

Se determinó que los mejores resultados para la estabilización del suelo a nivel de la subrasante se obtuvieron incorporando la mezcla de cal al 8%, para la que se utilizaron 40 gramos de cal y 460 gramos de arcilla.

Se determinó que tercera combinación compuesta por un 92% de arcilla y un 8% de cal, es el mejor ya que alcanza un CBR del 100% de 5,10 y cumple con los requerimientos para estabilizar en la categoría de "Subrasante Buena" ya que se pudo llegar al diseño óptimo. Con el cálculo realizado se concluye que, al agregar cal, el costo por m³ de material de reemplazo para estabilizar la subrasante se redujo a 20.75 soles del cálculo original de 29.45 soles por m³.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda experimentar con diferentes adiciones añadiendo cal para aumentar la capacidad portante de la subrasante arcillosa, ya que nuestros resultados serán útiles como guía práctica para futuros estudios.

Dado que nuestros resultados verificados muestran que la mayoría de las carreteras rurales suelen tener suelos críticos, se recomienda tener en cuenta nuestra investigación para otros tipos de suelo, como los limos y las arenas arcillosas.

Basándose en los resultados positivos de la investigación realizada sobre la composición de la cal, se recomienda a las empresas constructoras que empleen la cal como estabilizante para suelos arcillosos.

Debido a que el análisis de costos unitarios mostró que el costo por m³ de material de reemplazo para estabilizar la subrasante se redujo de la estimación inicial de 29.45 soles por m³ a 20.75 soles, se recomienda agregar cal a una subrasante arcillosa para estabilizarla.

REFERENCIAS

ABREU JOSE, L. 2018. Hipótesis, Método & Diseño de Investigación. Revista Scielo, 07(02), pp. 187-197. ISSN: 1870-557X. Disponible en:

[http://www.spentamexico.org/v7-n2/7\(2\)187-197.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n2/7(2)187-197.pdf)

ALEGRE BRÍTEZ, M.; 2021. Aspectos relevantes en las técnicas e instrumentos de recolección de datos en la investigación cualitativa. Una reflexión conceptual. Revista Scielo, 28(54), pp. 93-100. ISSN: 2076 - 0531. Disponible en:

http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2076-054X2022005400093

AVELLO MARTINEZ, R. [et al.]. 2019. Validation of instruments as a guarantee of credibility in scientific research. Revista Scielo, 48 (02), pp. 441-450. ISSN: 1126672. Disponible en:

<http://scielo.sld.cu/pdf/mil/v48s1/1561-3046-mil-48-s1-e390.pdf>

ALTAMIRANO, Genaro José y DÍAZ, Axell Exequiel (2018) *“Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Riva”*. Tesis de pre – grado para obtener el título de ingeniero civil, correspondiente a la universidad autónoma. Nicaragua.

<https://repositorio.unan.edu.ni/6456/1/51667.pdf>

ÁLVAREZ RISCO, A. 2020. Clasificación de las investigaciones. Tesis de pregrado, Universidad de lima. Disponible en:

<https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10818>

ALVA, Roy Artidoro y PEZO, Lider David (2021) “Mejoramiento de la subrasante con adición de cal estructural y su influencia en la capacidad portante de la carretera shucushuyacu - Lago Cuipari – teniente Cesar López – Loreto”. Tesis de pre – grado para obtener el título de ingeniero civil, correspondiente a la universidad Científica Del Perú.

<http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1707/ALVA%20RUIZ%20ROY%20ARTIDORO%20Y%20PEZO%20HONORIO%20L%20C%20D%20D%20DAVID%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANGULO, Mariselva y ZAVALA, Cintia (2020) “Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas como capa de rodadura en la prolongación navarro cauper, distrito san juan – Maynas – Iquitos, 2019”. Tesis de pre – grado para obtener el título de ingeniero civil, correspondiente a la universidad Científica del Perú.

<http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1220>

ARIAS GONZÁLES, J. 2021. Diseño y metodología de la investigación. Revista scielo, 14(3), pp. 1-133. ISSN: 978-612-484444-2-3. Disponible en:

<https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>

ÁVILA MORALES, J. [et al.]. 2019. Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. Revista Scientific Journal, 10(15), pp. 523-530. ISSN: 1857-7881. Disponible en:

<https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/3477>

CAMPOS FLORES, Y. Técnicas de investigación. Revista Académica institucional RAI, 03(01), pp. 01-08. ISSN: 2221-0224. Disponible en:

<https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40>

CARTAY ANGULO, R. [et al.]. 2020. Desarrollo y crecimiento económico: Análisis teórico desde un enfoque cuantitativo. Revista de Ciencias Sociales, 26(1), pp. 233-253. ISSN: 2477-9431. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/journal/280/28063104020/html/>

FLORES, Karen. (2020). “Estabilización de subrasante utilizando puzolánico decascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martín- 2020”. Tesis de pre – grado para obtener el título de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47893/Flores_IKK-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GARCIA, Angie. (2022). “Estabilización de suelos con cal como una alternativa viable para la construcción y rehabilitación de caminos rurales en Colombia”. Tesis de pre – grado para obtener el título de ingeniero civil. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/50824>

GARIBAY, Esteban y ZUÑIGA, Diego Mauricio. (2022) “*Propuesta de Estabilización con Cal para la Subrasante del Jr. Villa Santa Rosa Cdra. I y II, Tarapoto 2022*”. Tesis de pre – grado para obtener el título de ingenierocivil, correspondiente a la universidad Cesar Vallejo. Perú.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/115031/Garibay_REZu%C3%B1iga_ADM-SD.pdf?sequence=1

LÓPEZ, José Johel y ORTIZ, Grely (2018) “Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay”. Tesis de pre – grado para obtener el título de ingeniero civil, correspondiente a la universidad Tecnológica de Los Andes. Perú.

<https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/152/1/TesisEstabilizaci%C3%B3n%20de%20suelos%20arcillosos%20con%20cal.pdf>

MOALE, Alexandra Brigitte y RIVERA, Ebdy Josías (2019) “Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica”. Tesis de pre – grado para obtener el título de ingeniero civil, correspondiente a la universidad peruana de Ciencias Aplicadas. Perú.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648846>

ÑAUPARI, Jordan. (2021). “Propuesta de estabilización de una arena arcillosa de mediana plasticidad analizando el cbr, óptimo contenido de humedad y densidad máxima seca utilizando cal al 2%, 4 y 6% y aceite sulfonado al 1%, 2% y 3%. Lima norte 2021”. Tesis de pre – grado para obtener el título de ingeniero civil.

Universidad Privada del Norte. Perú.

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29743>

PEZO, Velarde. (2016). “Aplicación de cal en subrasante para el diseño de pavimento rígido, en Jirón La Unión, Juan Guerra-San Martín, 2016”. Tesis de pre – grado para obtener el título de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo. Perú.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30605>

REIDI MARTINEZ, L. 2018. El diseño de investigación en educación: conceptos actuales. Revista Elsevier, 01(01), pp. 35-39. ISSN:2007-5057 Disponible en:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572012000100008

REZABALA Y ORTIZ. (2023).” Proposal for stabilization with lime and cement for a subgrade with the presence of clayey soils located on the Tosagua- Chone highway, high school sector”. Publicado en revista científica las ciencias, 09: 1641-1657, 2023. ISSN: 2477-8818.
<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3534>

ANEXOS

Anexo 01: Tabla de operacionalización de variables

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala de medición |
|---|--|--|--|--|--------------------|
| Variable independiente Estabilización de una subrasante arcillosa utilizando cal | ELIZONDO, NAVAS Y SIBAJA (2018). Definen a la cal como un material inorgánico, el cual esta Consistirá en las químicas de la cal principalmente compuesto por utilización de la cal en oxido de calcio, el cual es proporciones del 3%, obtenido a través de la 5% y 8% para la Propiedades físicas y calcinación de rocas calizas. Esta estabilización de las mecánicas del suelo material suele ser en múltiples subrasantes arcillosas. | Consistirá en la utilización de la cal en proporciones del 3%, 5% y 8% para la estabilización de la subrasante arcillosa. Se utilizará cal a fin de mejorar la capacidad de carga de la subrasante arcillosa. | Propiedades físicas y químicas de la cal | Absorción Peso específico. | Razón |
| | | | Propiedades físicas y mecánicas del suelo extraído | Granulometría Tipo de suelo. | Razón |
| Variable dependiente Capacidad decarga | PINTO, (2021). Define a la capacidad de carga como aquella disposición que debe presentar Se hará uso de la cal Capacidad de carga - todo terreno para aguantar una en determinadas resistencia carga determinada sin que se vea cantidades con el afectado. Es importante propósito de mejorar la mencionar que la disposición capacidad de carga de Factibilidad económica mencionada no solo depende de la subrasante arcillosa. | Se hará uso de la cal en determinadas cantidades con el propósito de mejorar la capacidad de carga de la subrasante arcillosa. | Propiedades mecánicas | Resistencia a la tensión Resistencia a la compresión | Razón |
| | | | Capacidad de carga - resistencia Factibilidad económica | CBR con adición de cal al 3%, 5% y 8% Presupuesto | Razón |

Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras,
 Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y
 Topografía.

| REGISTRO DE EXCAVACION | | | | |
|--|---------|---------|---------|---|
| PROYECTO : ESTABILIZACION DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024 | | | | |
| MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION | | | | |
| CALICATA : C - 01 | | | | |
| FECHA : Mayo del 2024 | | | | |
| Tesis : John Michelo Urrelo Jorge y Wiler Jerral Vargas Ruiz | | | | |
| Tesis : Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil | | | | |
| Universidad: Cesar Vallejo | | | | |
| PROF. (m) | SIMBOLO | | MUESTRA | DESCRIPCION DEL SUELO |
| | SUCS | GRAFICO | | |
| 0.00 | CL | A-6(10) | 1 | ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR MARRON HUMEDAD NATURAL: 17.41% |
| 1.50 | | | | |

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 900642792
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 J. R. S. A. C.
 RUC. 20542370140
 C.I.A. N° 12420


 Ing. Harold Roberto Rosales
 C.I.A. N° 12420



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

| REGISTRO DE EXCAVACION | | | | |
|---|---------|---------|---------|---|
| PROYECTO : ESTABILIZACION DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024 | | | | |
| MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION | | | | |
| CALICATA : C - 02 | | | | |
| FECHA : Mayo del 2024 | | | | |
| Asistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wiler Jerral Vargas Ruiz | | | | |
| Tesis : Para Obtener el Titulo Profesional de Ingenieria Civil | | | | |
| Universidad: Cesar Vallejo | | | | |
| PROF. (m) | SIMBOLO | | MUESTRA | DESCRIPCION DEL SUELO |
| | SUCS | GRAFICO | | |
| 0.00 | CL | | 1 | ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR MARRON HUMEDAD NATURAL: 18.44% |
| 1.50 | | | | |

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 900642792
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com





PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras,
 Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y
 Topografía.

| REGISTRO DE EXCAVACION | | | | |
|---|---------|---------|---------|---|
| PROYECTO : ESTABILIZACION DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024 | | | | |
| MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION | | | | |
| CALICATA : C-03 | | | | |
| FECHA : Mayo del 2024 | | | | |
| Tecistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wiler Jeral Vargas Ruiz | | | | |
| Tesis : Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil | | | | |
| Universidad: Cesar Vallejo | | | | |
| PROF. (m) | SIMBOLO | | MUESTRA | DESCRIPCION DEL SUELO |
| | SUCS | GRAFICO | | |
| 0.00 | CL | | 1 | ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR MARRON HUMEDAD NATURAL: 19.00% |
| 1.50 | | | | |

Av. Circunvalación N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 900642792
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 Miguel A. Novillo Rodríguez
 INGENIERO CIVIL

Miguel A. Novillo Rodríguez
 C.I.A. N° 13439



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024

CALICATA : C-01 - M1
PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m
Testistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wilber Jerall Vargas Ruiz
Tests : Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil
Universidad : Cesar Vallejo Mayo del 2024

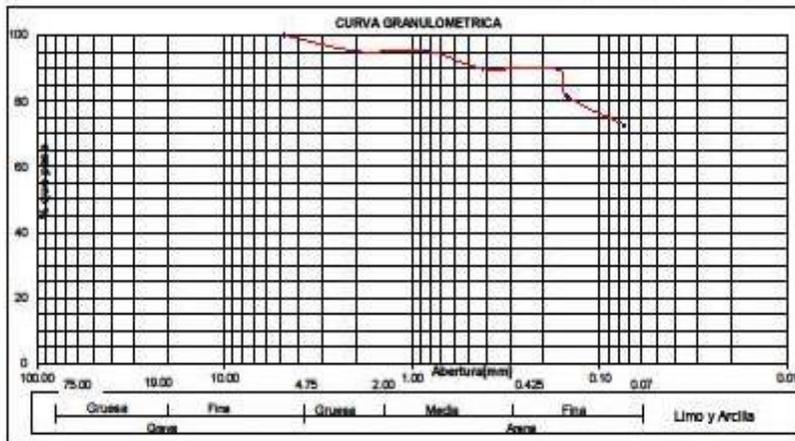
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION. NORMAS ASTM D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

| | |
|--------------------------|--------|
| Peso Trical Seco, [gr] | 500.00 |
| Peso Lavado y Seco, [gr] | |

| Mallas | Abertura [mm] | Peso retenido [grs] | Porcentaje Ret. [%] | Porcentaje Ret. Acumulado [%] | Porcentaje Acum. Pesante [%] |
|----------|---------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | |
| Nº 4 | 4.760 | | | | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 24.00 | 4.80 | 4.80 | 95.20 |
| Nº 20 | 0.840 | | | | |
| Nº 40 | 0.420 | 26.50 | 5.30 | 10.10 | 89.90 |
| Nº 80 | 0.170 | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 42.50 | 8.50 | 18.60 | 81.40 |
| Nº 200 | 0.074 | 44.00 | 8.80 | 27.40 | 72.60 |
| < Nº 200 | 0.000 | 363.00 | 72.60 | 100.00 | 0.00 |

| CARACTERISTICAS FISICAS | | |
|--|-------------|---------|
| P. E. RELAT. DE SOLIDOS (correcto por P _w) [gr/cc] | | |
| HUMEDAD NATURAL [%] | 17.41 | |
| LIMITE LIQUIDO [%] | 37.90 | |
| LIMITE PLASTICO [%] | 20.15 | |
| INDICE PLASTICO [%] | 17.75 | |
| MATERIAL MENOR TAMIZ # 200 [%] | 72.60 | |
| LIMITE DE CONTRACCION [%] | | |
| POTENCIAL DE EXPANSION | | |
| CLASIFICACION S.U.C.S. | CL | |
| CLASIFICACION A.S.S.H.T.O. | A-6 (1) | |
| INDICE DE CONSISTENCIA | Estable 1.2 | |
| D ₁₀ [mm] | Cu | |
| D ₃₀ [mm] | Cc | |
| D ₆₀ [mm] | | |
| % Grava | % Arena | % Fines |
| 0.00 | 27.40 | 72.60 |



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D 4318)

A. LIMITE LIQUIDO

| Procedimiento | Tara Nº | | |
|-----------------------------------|---------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1. No de Golpes | 35 | 20 | 15 |
| 2. Peso Tara, [gr] | 11.30 | 11.55 | 11.65 |
| 3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 25.59 | 25.73 | 25.75 |
| 4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 21.70 | 21.81 | 21.82 |
| 5. Peso Agua, [gr] | 3.89 | 3.92 | 3.93 |
| 6. Peso Suelo Seco, [gr] | 10.40 | 10.26 | 10.17 |
| 7. Contenido de Humedad, [%] | 37.40 | 38.21 | 38.64 |

A. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

| Procedimiento | Tara Nº |
|-----------------------------------|---------|
| 1. Peso Tara, [gr] | 82.10 |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 306.00 |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 272.80 |
| 4. Peso Agua, [gr] | 33.20 |
| 5. Peso Suelo Seco, [gr] | 190.70 |
| 6. Contenido de Humedad, [%] | 17.41 |

B. LIMITE PLASTICO

| Procedimiento | Tara Nº | |
|---------------------------------------|---------|-------|
| | 4 | 5 |
| 1. Peso Tara, [gr] | 11.34 | 11.34 |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 27.68 | 27.89 |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 20.77 | 20.94 |
| 4. Peso Agua, [gr] | 1.91 | 1.95 |
| 5. Peso Suelo Seco, [gr] | 9.53 | 9.60 |
| 6. Contenido de Humedad, [%] | 20.00 | 20.30 |
| 7. Contenido de Humedad Promedio, [%] | 20.15 | |



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 Av. Controlador N° 2332-Tarapoto, Rec. 2054370340, Celular: 984396363, 960642792
 email: proyectosyserviciosgeneralesjr@sac@hotmail.com

Av. Controlador N° 2332-Tarapoto, Rec. 2054370340, Celular: 984396363, 960642792
 email: proyectosyserviciosgeneralesjr@sac@hotmail.com



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024

CALICATA : C-02 - M1

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m

Testistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wilter Jerall Vargas Rub

Tesis : Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil

Universidad : Cesar Vallejo Mayo del 2024

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION. NORMAS ASTM D422 - D2716 - D4318 - D427 - D2487

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO.

| Mallas | Abertura [mm] | Peso retenido [grs] | Porcentaje Ret. Acumulado [%] | Porcentaje Ret. Acumulado [%] | Porcentaje Acum. Pasante [%] |
|----------|---------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | |
| Nº 4 | 4.760 | | | | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 14.50 | 2.90 | 2.90 | 97.10 |
| Nº 20 | 0.840 | | | | |
| Nº 40 | 0.420 | 27.50 | 5.50 | 8.40 | 91.60 |
| Nº 80 | 0.170 | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 33.00 | 6.60 | 15.00 | 85.00 |
| Nº 200 | 0.074 | 33.00 | 6.60 | 21.60 | 78.40 |
| < Nº 200 | 0.000 | 382.06 | 78.40 | 100.00 | 0.00 |

| CARACTERISTICAS FISICAS | | |
|---|-------------|---------|
| P. E. RELAT. DE SOLIDOS (correcto por 1%) [gr/cc] | | |
| HUMEDAD NATURAL [%] | 15.44 | |
| LIMITE LIQUIDO [%] | 39.00 | |
| LIMITE PLASTICO [%] | 20.20 | |
| INDICE PLASTICO [%] | 18.80 | |
| MATERIAL MENOR TAMIZ # 200 [%] | 78.40 | |
| LIMITE DE CONTRACCION [%] | | |
| POTENCIAL DE EXPASION | Medio | |
| CLASIFICACION S.U.C.S. | CL | |
| CLASIFICACION A.S.S.H.T.O. | A-6 (1) | |
| INDICE DE CONSISTENCIA | Estable 1.1 | |
| D10 [mm] | Cu | |
| D50 [mm] | Cc | |
| D60 [mm] | | |
| % Grava | % Arena | % Fines |
| 0.00 | 21.60 | 78.40 |



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D 4318)

| Procedimiento | Tara Nº | | |
|-----------------------------------|---------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1. No de Golpes | 35 | 20 | 15 |
| 2. Peso Tara, [gr] | 11.30 | 11.44 | 11.49 |
| 3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 26.03 | 25.67 | 25.68 |
| 4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 21.96 | 21.65 | 21.61 |
| 5. Peso Agua, [gr] | 4.07 | 4.02 | 4.07 |
| 6. Peso Suelo Seco, [gr] | 10.66 | 10.21 | 10.12 |
| 7. Contenido de Humedad, [%] | 38.18 | 39.37 | 40.22 |

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

| Procedimiento | Tara Nº |
|-----------------------------------|---------|
| 1. Peso Tara, [gr] | 86.40 |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 324.00 |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 287.00 |
| 4. Peso Agua, [gr] | 37.00 |
| 5. Peso Suelo Seco, [gr] | 200.60 |
| 6. Contenido de Humedad, [%] | 18.44 |

| Procedimiento | Tara Nº | |
|---------------------------------------|---------|-------|
| | 4 | 5 |
| 1. Peso Tara, [gr] | 11.16 | 11.57 |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 22.14 | 22.52 |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 20.30 | 20.67 |
| 4. Peso Agua, [gr] | 1.84 | 1.85 |
| 5. Peso Suelo Seco, [gr] | 9.14 | 9.10 |
| 6. Contenido de Humedad, [%] | 20.10 | 20.30 |
| 7. Contenido de Humedad Promedio, [%] | 20.20 | |





PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES I.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024

CALICATA : C-08 - M1

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m

Tasistas : John Michelo Urribe Jorga y Wilber Jersil Vargas Ruiz

Tesis : Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil

Universidad : Cesar Vallejo

Mayo del 2024

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION. NORMAS ASTM D422 - D2216 - D4318 - D427 - D1487

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO.

| | |
|--------------------------|--------|
| Peso (Tara) Seco, (gr) | 500.00 |
| Peso Lavado y Seco, (gr) | |

| Mallas | Abertura (mm) | Peso retenido (grs) | Porcentaje Ret. (%) | Porcentaje Ret. Acumulado (%) | Porcentaje Acum. Pasante (%) |
|----------|---------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | |
| Nº 4 | 4.750 | | | | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 25.50 | 5.10 | 5.10 | 94.90 |
| Nº 20 | 0.840 | | | | |
| Nº 40 | 0.420 | 41.00 | 8.20 | 13.30 | 86.70 |
| Nº 80 | 0.170 | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 33.50 | 6.70 | 20.00 | 80.00 |
| Nº 200 | 0.075 | 21.00 | 4.20 | 24.20 | 75.80 |
| < Nº 200 | 0.000 | 379.00 | 75.80 | 100.00 | 0.00 |

CARACTERISTICAS FISICAS

| | |
|--|-------------|
| P. E. RELAT. DE SOLIDOS (corregido por M) (g/gr) | |
| HUMEDAD NATURAL (%) | 19.00 |
| LIMITE LIQUIDO (%) | 37.70 |
| LIMITE PLASTICO (%) | 19.05 |
| INDICE PLASTICO (%) | 17.65 |
| MATERIAL MENOR TAMIZ # 200 (%) | 75.80 |
| LIMITE DE CONTRACCION (%) | |
| POTENCIAL DE EXPANSION | |
| CLASIFICACION S.U.C.S. | CL |
| CLASIFICACION A.S.S.H.T.O. | A-4 |
| INDICE DE CONSISTENCIA | Estable 1.1 |
| D ₁₀ (mm) | |
| D ₃₀ (mm) | |
| D ₆₀ (mm) | |
| % Grava | 0.00 |
| % Arena | 24.20 |
| % Fina | 75.80 |



2. LIMITE DE CONSISTENCIA (ASTM D 4318)

A. LIMITE LIQUIDO

| Procedimiento | Tara Nº | | |
|-----------------------------------|---------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1. No de Golpes | 28 | 30 | 35 |
| 2. Peso Tara, (gr) | 11.32 | 11.30 | 11.50 |
| 3. Peso Tara + Suelo Húmedo, (gr) | 25.12 | 25.32 | 24.62 |
| 4. Peso Tara + Suelo Seco, (gr) | 21.34 | 21.46 | 21.71 |
| 5. Peso Agua, (gr) | 3.78 | 3.87 | 3.91 |
| 6. Peso Suelo Seco, (gr) | 10.22 | 10.16 | 10.11 |
| 7. Contenido de Humedad, (%) | 36.99 | 38.09 | 38.67 |

A. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

| Procedimiento | Tara Nº |
|-----------------------------------|---------|
| 1. Peso Tara, (gr) | 28.50 |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, (gr) | 315.02 |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, (gr) | 278.88 |
| 4. Peso Agua, (gr) | 36.17 |
| 5. Peso Suelo Seco, (gr) | 190.35 |
| 6. Contenido de Humedad, (%) | 19.00 |

B. LIMITE PLASTICO

| Procedimiento | Tara Nº | |
|---------------------------------------|---------|-------|
| | 4 | 5 |
| 1. Peso Tara, (gr) | 11.50 | 11.77 |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, (gr) | 22.77 | 23.02 |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, (gr) | 20.91 | 21.13 |
| 4. Peso Agua, (gr) | 1.86 | 1.87 |
| 5. Peso Suelo Seco, (gr) | 9.41 | 9.38 |
| 6. Contenido de Humedad, (%) | 19.80 | 19.90 |
| 7. Contenido de Humedad Promedio, (%) | 19.85 | |



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES I.R. SAC
 Calle: Av. Circunvalación N° 1300 - Tarapoto, Hu. 20542370140, Celular: 984099180, 983842790
 email: proyectosy.servicios@proyectosy.servicios.com

Av. Circunvalación N° 1300 - Tarapoto, Hu. 20542370140, Celular: 984099180, 983842790
 email: proyectosy.servicios@proyectosy.servicios.com



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

| | | |
|------------------------------------|----|---|
| Proyecto | :: | ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024 |
| Material | : | 100% Arcilla - 0% de Cal |
| Suelo | : | Tipo (CL) ó Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad |
| Calicatas | : | 01,02,03 |
| Profundidad | : | 1.50 m |
| Fecha | : | Mayo del 2024 |
| Tesistas | : | John Michelo Ureño Jorge y Wilter Jerral Vargas Ruiz |
| Tesis | : | Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil |
| Universidad | : | Cesar Vallejo |
| Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) | : | 1.799 |
| Óptimo Contenido de Humedad (%) | : | 13.1 |

Compactación

| Molde N° | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------------|-------|-------|-------|
| Número de capas | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 56 | 25 | 10 |
| Peso suelo + molde (gr.) | 12548 | 12329 | 12121 |
| Peso molde (gr.) | 8300 | 8200 | 8250 |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4248 | 4129 | 3871 |
| Volumen del molde (cm^3) | 2100 | 2110 | 2105 |
| Densidad húmeda (gr/cm^3) | 2.023 | 1.957 | 1.839 |

Humedad (%)

| Tara N° | 55 | 56 | 57 |
|-----------------------------|--------|--------|--------|
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 241.71 | 252.53 | 248.26 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 218.12 | 227.62 | 223.97 |
| Peso de agua (gr.) | 23.59 | 24.91 | 24.29 |
| Peso de tara (gr.) | 37.80 | 37.62 | 37.85 |
| Peso de suelo seco (gr.) | 180.32 | 190.00 | 186.12 |
| Humedad (%) | 13.08 | 13.11 | 13.05 |
| Densidad Seca (gr/cm^3) | 1.789 | 1.730 | 1.627 |

Aplicación de Carga

| Penetración (mm.) | Presión Patrón (Kg/cm^2) | Molde I | | Molde II | | Molde III | |
|-------------------|------------------------------|---------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| | | Dial | Presión (Kg/cm^2) | Dial | Presión (Kg/cm^2) | Dial | Presión (Kg/cm^2) |
| 0.64 | | 4.20 | 1.46 | 3.10 | 1.01 | 1.80 | 0.46 |
| 1.27 | | 9.00 | 3.46 | 6.00 | 2.21 | 3.60 | 1.21 |
| 1.91 | | 12.90 | 5.09 | 9.00 | 3.46 | 5.10 | 1.84 |
| 2.54 | 70 | 16.46 | 6.57 | 11.80 | 4.63 | 6.68 | 2.50 |
| 3.81 | | 22.20 | 8.96 | 15.20 | 6.05 | 8.60 | 3.30 |
| 5.08 | 104 | 27.20 | 11.04 | 18.30 | 7.34 | 10.30 | 4.01 |
| 6.35 | | 31.00 | 12.63 | 20.50 | 8.25 | 11.50 | 4.51 |
| 7.62 | | 33.80 | 13.79 | 21.70 | 8.75 | 12.30 | 4.84 |
| 8.89 | | | | | | | |
| 10.16 | | | | | | | |
| 11.43 | | | | | | | |
| 12.70 | | | | | | | |

Expansión:

| Días de Inmersión en agua | Expansión | | |
|---------------------------|-----------|----------|-----------|
| | Molde I | Molde II | Molde III |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 68 | 96 | 126 |
| 3 | 101 | 132 | 195 |
| 4 | 215 | 250 | 302 |
| 5 | 403 | 420 | 450 |
| | 3.17 | 3.31 | 3.54 |

Ing. WALTER VARGAS RUIZ
C.O.P. N° 14233

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Rodríguez Páez
C.O.P. N° 14233



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024

MATERIAL : Terreno de Fundacion
SUELO : Tipo (CL) ó Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad
CALICATA : 01, 02, 03
PROFUNDIDAD : 1.50 m
FECHA : Mayo del 2024
Tesista : John Michelo Urrelo Jorge y Wilter Jerall Vargas Ruiz
Uso : Para Obtener el Titulo Profesional de Ingenieria Civil
Universidad : Cesar Vallejo

DETERMINACION DE SALES SOLUBLES

| | |
|-------------------------------------|--------------|
| Recip. N° | 01 |
| N° Muestra | 01 |
| Volumen de filtrado en cc (V) Cm3 | 200.0 |
| Peso Cápsula + Residuo | 188.0120 |
| Peso Cápsula (gr.) | 187.9400 |
| Peso Residuo (W) gr. | 0.072 |
| $C = \frac{(w)1000000}{V}$ P.P.M | 360 |
| $P = \frac{C.O.}{10000}$ C/O | 0.036 |
| % SALES SOLUBLES | 0.036 |

PESO ESPECIFICO

| D A T O S | | |
|---|-------------|-----------------|
| Peso del Suelo Seco (Wo) | 200.0 | grs. |
| Peso del Frasco + Peso del Agua (Ww) | 685.41 | grs. |
| Peso del Frasco + Peso del Agua + Peso Suelo (Ws) | 808.40 | grs. |
| Peso Especifico del Suelo | 2.60 | grs./cc. |

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 Ing. Wilter Jerall Vargas Ruiz
 C.I.P. N° 13439

Ing. Wilter Jerall Vargas Ruiz
 C.I.P. N° 13439



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024

MATERIAL : Cal
FECHA : Mayo del 2024
Tesistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wilter Jerall Vargas Ruiz
Uso : Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil
Universidad : Cesar Vallejo

PROPIEDADES FISICA

| | |
|---------------|----------|
| Recip. N° | 01 |
| N° Muestra | 01 |
| Estado Fisico | Solido |
| Color | Blanco |
| Olor | Sin Olor |

PROPIEDADES QUIMICAS

| D A T O S | |
|----------------------------|--|
| Concentracion | Mayor a 78% de Cal Util |
| Punto de Fusion (°C) | 2580°C |
| Punto de Ebullicion (°C) | 2850°C |
| Densidad Relativa (gr/cm3) | 3.37 gr/cm3 a 20°C |
| Densidad Aparente (gr/m3) | 900 kg/m3 |
| Masa Molar (gr/mol) | 56.07 gr/mol |
| Solubilidad de Agua | 1.65 gr/L (20°C) Forma de Hidroxido de Calcio |
| Valor del Ph | - |

PROYECTOS Y SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Acuña Rodríguez
ING. CIVIL
C.I.P. N° 13413

Ing. Wilter Jerall Vargas Ruiz
C.I.P. N° 13413



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024

MATERIAL : 97% de Arcilla y 3% de Cal

Testistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wilmar Jerral Vargas Ruiz

Testis : Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil

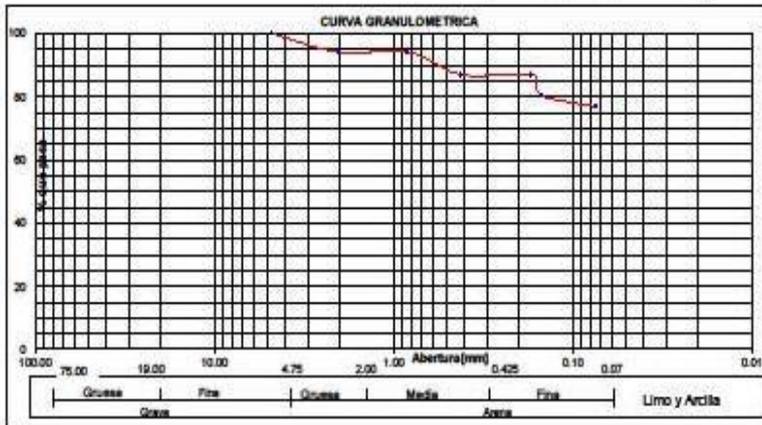
Universidad : Cesar Vallejo **FECHA** Mayo del 2024

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN, NORMAS ASTM D497 - D7216 - D4316 - D497 - D2487

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMPAZO

| Mallas | Abertura (mm) | Peso retenido (grs) | Porcentaje Ret. (%) | Porcentaje Ret. Acumulado (%) | Porcentaje Acum. Pasante (%) |
|----------|---------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | |
| Nº 4 | 4.750 | | | | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 29.50 | 5.90 | 5.90 | 94.10 |
| Nº 20 | 0.840 | | | | |
| Nº 40 | 0.420 | 36.00 | 7.20 | 13.10 | 86.90 |
| Nº 80 | 0.170 | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 32.00 | 6.40 | 19.50 | 80.50 |
| Nº 200 | 0.074 | 28.50 | 5.70 | 25.20 | 74.80 |
| < Nº 200 | 0.000 | 184.00 | 76.80 | 100.00 | 0.00 |

| CARACTERISTICAS FISICAS | |
|---|-------------|
| P. E. RELAT. DE SOLIDOS (completo por #1) | (gr/oc) |
| HUMEDAD NATURAL | (%) 17.23 |
| LIMITE LIQUIDO | (%) 27.70 |
| LIMITE PLASTICO | (%) 20.15 |
| INDICE PLASTICO | (%) 7.55 |
| MATERIAL MENOR TAMIZ # 200 | (%) 76.80 |
| LIMITE DE CONTRACCION | (%) |
| POTENCIAL DE EXPANSION | (%) |
| CLASIFICACION S.U.C.S. | CL |
| CLASIFICACION A.S.S.H.T.O. | A-4 |
| INDICE DE CONSISTENCIA | Estable 1.2 |
| D50 (mm) | Cu |
| D60 (mm) | Cc |
| D60 (mm) | |
| % Gruesa | % Fina |
| 0.00 | 25.20 |
| | 76.80 |



2. LIMITE DE CONSISTENCIA (ARTN D 4318)

A. LIMITE LIQUIDO

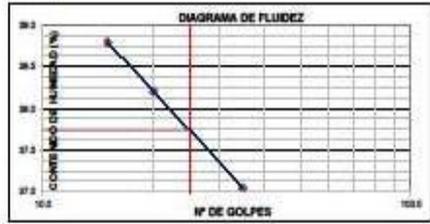
| Procedimiento | Tara Nº | | |
|-----------------------------------|---------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1. No de Golpes | 25 | 20 | 15 |
| 2. Peso Tara, [gr] | 11.20 | 11.55 | 11.69 |
| 3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 25.59 | 25.73 | 25.75 |
| 4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 21.70 | 21.81 | 21.82 |
| 5. Peso Agua, [gr] | 3.89 | 3.92 | 3.93 |
| 6. Peso Suelo Seco, [gr] | 10.50 | 10.76 | 10.13 |
| 7. Contenido de Humedad, (%) | 37.05 | 36.71 | 38.80 |

A. CONTENIDO DE HUMEDAD (ARTN D 2216)

| Procedimiento | Tara Nº | |
|-----------------------------------|---------|---|
| | 1 | 2 |
| 1. Peso Tara, [gr] | 85.90 | |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 305.00 | |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 272.80 | |
| 4. Peso Agua, [gr] | 32.20 | |
| 5. Peso Suelo Seco, [gr] | 186.90 | |
| 6. Contenido de Humedad, (%) | 17.23 | |

B. LIMITE PLASTICO

| Procedimiento | Tara Nº | |
|---------------------------------------|---------|-------|
| | 4 | 5 |
| 1. Peso Tara, [gr] | 11.24 | 11.34 |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 22.58 | 22.80 |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 20.77 | 20.34 |
| 4. Peso Agua, [gr] | 1.81 | 1.95 |
| 5. Peso Suelo Seco, [gr] | 9.53 | 9.80 |
| 6. Contenido de Humedad, (%) | 20.00 | 20.30 |
| 7. Contenido de Humedad Promedio, (%) | 20.15 | |



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 Ing. John Michelo Urrelo Jorge
 Ing. Wilmar Jerral Vargas Ruiz



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

PROYECTO : ESTABILIZACION DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024

MATERIAL : 95% de Arcilla y 5% de Cal
Tesistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wilter Jerall Vargas Ruiz
Tesis : Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil
Universidad : Cesar Vallejo

FECHA : Mayo del 2024

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION, NORMAS ASTM D422 - D2716 - D4318 - D497 - D2487

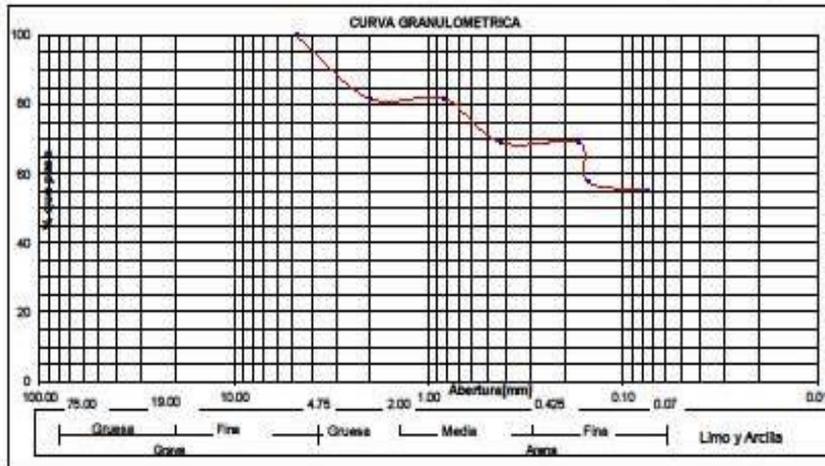
1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO.

| | |
|--------------------------|--------|
| Peso Inicial Seco, [gr] | 500.00 |
| Peso Lavado y Seco, [gr] | |

| Mallas | Abertura [mm] | Peso retenido [gr] | Porcentaje Ret. (%) | Porcentaje Ret. Acumulado (%) | Porcentaje Acum. Pasante (%) |
|----------|---------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | |
| Nº 4 | 4.760 | | | | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 91.00 | 18.20 | 18.20 | 81.80 |
| Nº 20 | 0.840 | | | | |
| Nº 40 | 0.420 | 64.00 | 12.80 | 31.00 | 69.00 |
| Nº 80 | 0.170 | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 57.00 | 11.40 | 42.40 | 57.60 |
| Nº 200 | 0.074 | 12.50 | 2.50 | 44.90 | 55.10 |
| < Nº 200 | 0.000 | 275.90 | 55.10 | 100.00 | 0.00 |

CARACTERISTICAS FISICAS

| | | |
|---|-------------|---------|
| P. E. RELAT. DE SOLIDOS [complejo por P'] [gr/cc] | | |
| HUMEDAD NATURAL (%) | 20.05 | |
| LIMITE LIQUIDO (%) | 34.80 | |
| LIMITE PLASTICO (%) | 20.10 | |
| INDICE PLASTICO (%) | 14.70 | |
| MATERIAL MENOR TAMIZ # 200 (%) | 55.10 | |
| LIMITE DE CONTRACCION (%) | | |
| POTENCIAL DE EXPANSION | Bajo | |
| CLASIFICACION S.U.C.S. | CL | |
| CLASIFICACION A.S.S.H.T.O. | A-6 (8) | |
| INDICE DE CONSISTENCIA | Estable 1.0 | |
| U ₁₀ [mm] | Cu | |
| U ₃₀ [mm] | Cc | |
| U ₆₀ [mm] | | |
| % Grava | % Arena | % Fines |
| 0.00 | 44.90 | 55.10 |



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D 4318)

A. LIMITE LIQUIDO

| Procedimiento | Tara Nº | | |
|-----------------------------------|---------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1. No de Golpes | 34 | 20 | 14 |
| 2. Peso Tara, [gr] | 14.95 | 15.00 | 15.00 |
| 3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 28.43 | 27.99 | 28.58 |
| 4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 25.00 | 24.60 | 24.97 |
| 5. Peso Agua, [gr] | 3.43 | 3.39 | 3.61 |
| 6. Peso Suelo Seco, [gr] | 10.05 | 9.60 | 9.97 |
| 7. Contenido de Humedad, (%) | 34.13 | 35.31 | 36.21 |

4. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

| Procedimiento | Tara Nº |
|-----------------------------------|---------|
| 1. Peso Tara, [gr] | 85.00 |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 327.00 |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 286.58 |
| 4. Peso Agua, [gr] | 40.42 |
| 5. Peso Suelo Seco, [gr] | 201.58 |
| 6. Contenido de Humedad, (%) | 20.05 |

B. LIMITE PLASTICO

| Procedimiento | Tara Nº | |
|---------------------------------------|---------|-------|
| | 4 | 5 |
| 1. Peso Tara, [gr] | 12.00 | 11.96 |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 21.60 | 21.78 |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 19.98 | 20.15 |
| 4. Peso Agua, [gr] | 1.62 | 1.63 |
| 5. Peso Suelo Seco, [gr] | 7.98 | 8.10 |
| 6. Contenido de Humedad, (%) | 20.30 | 19.90 |
| 7. Contenido de Humedad Promedio, (%) | 20.10 | |



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

John Michelo Urrelo Jorge
Wilter Jerall Vargas Ruiz



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024

MATERIAL : 92% de Arcilla y 8% de Cal

Tesistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wilter Jerral Vargas Ruiz

Tesis : Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil

Universidad : Cesar Vallejo **FECHA :** Mayo del 2024

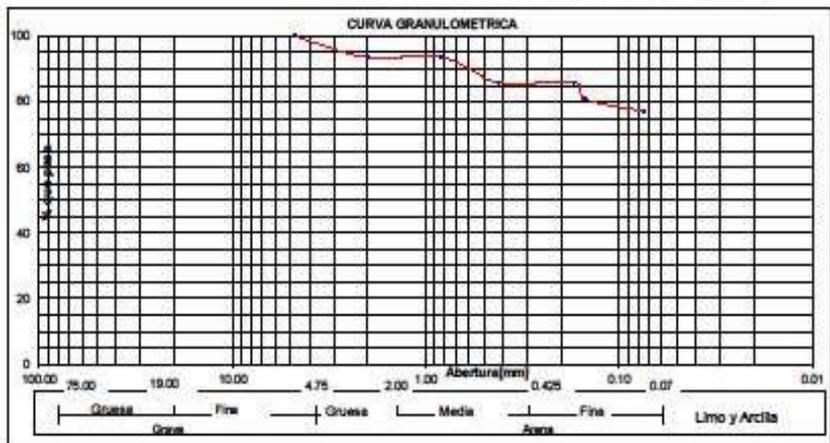
ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN - NORMAS ASTM D422 - D7216 - D4318 - D427 - D2487

2. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

| | |
|--------------------------|--------|
| Peso Inicial Seco, [gr] | 500.00 |
| Peso Lavado y Seco, [gr] | |

| Malas | Abertura [mm] | Peso retenido [grs] | Porcentaje Ret. [%] | Porcentaje Ret. Acumulado [%] | Porcentaje Acum. Pasado [%] |
|----------|---------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | |
| Nº 4 | 4.760 | | | | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 32.00 | 6.40 | 6.40 | 93.60 |
| Nº 20 | 0.840 | | | | |
| Nº 40 | 0.420 | 38.50 | 7.70 | 14.10 | 85.90 |
| Nº 80 | 0.170 | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 25.50 | 5.10 | 19.20 | 80.80 |
| Nº 200 | 0.074 | 18.50 | 3.70 | 22.90 | 77.10 |
| < Nº 200 | 0.000 | 386.90 | 77.10 | 100.00 | 0.00 |

| CARACTERISTICAS FISICAS | | |
|--|-------------|---------|
| P. E. RELAT. DE SÓLIDOS (complejo por #) | [gr/cc] | |
| HUMEDAD NATURAL | 18.70 | |
| LÍMITE LÍQUIDO | 36.00 | |
| LÍMITE PLÁSTICO | 22.30 | |
| ÍNDICE PLÁSTICO | 13.70 | |
| MATERIAL MENOR TAMIZ # 200 | 77.10 | |
| LÍMITE DE CONTRACCIÓN | [%] | |
| POTENCIAL DE EXPANSIÓN | | |
| CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | CL | |
| CLASIFICACIÓN A.S.S.H.T.O. | A-6 (g) | |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA | Estable 1.3 | |
| D10 [mm] | Cu | |
| D30 [mm] | Cc | |
| D60 [mm] | | |
| % Grava | % Arena | % Finos |
| 0.00 | 22.90 | 77.10 |



3. LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D 4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

| Procedimiento | Tara Nº | | |
|-----------------------------------|---------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1. No de Golpes | 31 | 26 | 19 |
| 2. Peso Tara, [gr] | 22.00 | 22.31 | 22.41 |
| 3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 42.00 | 42.31 | 43.64 |
| 4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 36.80 | 37.02 | 37.90 |
| 5. Peso Agua, [gr] | 5.20 | 5.29 | 5.74 |
| 6. Peso Suelo Seco, [gr] | 14.80 | 14.71 | 15.49 |
| 7. Contenido de Humedad, [%] | 35.14 | 35.96 | 37.06 |

4. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

| Procedimiento | Tara Nº |
|-----------------------------------|---------|
| 1. Peso Tara, [gr] | s/n |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 37.90 |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 216.59 |
| 4. Peso Agua, [gr] | 33.41 |
| 5. Peso Suelo Seco, [gr] | 178.69 |
| 6. Contenido de Humedad, [%] | 18.70 |

B. LÍMITE PLÁSTICO

| Procedimiento | Tara Nº | |
|---------------------------------------|---------|-------|
| | 4 | 5 |
| 1. Peso Tara, [gr] | 10.24 | 10.33 |
| 2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | 20.64 | 20.63 |
| 3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | 18.90 | 18.60 |
| 4. Peso Agua, [gr] | 1.74 | 2.03 |
| 5. Peso Suelo Seco, [gr] | 8.66 | 8.27 |
| 6. Contenido de Humedad, [%] | 20.10 | 24.50 |
| 7. Contenido de Humedad Promedio, [%] | 22.30 | |



18/05/2024
 18/05/2024
 18/05/2024



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024

COMBINACION : 97% de Arcilla y 3% de Cal

SUELO : Tipo (CL) ó Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad

USO : Mejoramiento

FECHA : Mayo del 2024

Tesistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wilter Jerall Vargas Ruiz

Tesis : Para Obtener el Titulo Profesional de Ingenieria Civil

Universidad : Cesar Vallejo

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.820

Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.9

Compactación

| Molde N° | 4 | 5 | 6 |
|---|-------|-------|-------|
| Número de capas | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 56 | 25 | 10 |
| Peso suelo + molde (gr.) | 12776 | 12548 | 12342 |
| Peso molde (gr.) | 8400 | 8380 | 8410 |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4376 | 4168 | 3932 |
| Volumen del molde (cm^3) | 2111 | 2115 | 2109 |
| Densidad Humeda (gr/cm^3) | 2.073 | 1.971 | 1.864 |

Humedad (%)

| Tara N° | 7 | 10 | 5 |
|---|--------|--------|--------|
| Tara+suelo humedo (gr.) | 249.17 | 247.63 | 250.11 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 225.23 | 223.80 | 225.94 |
| Peso de agua (gr.) | 23.94 | 23.83 | 24.17 |
| Peso de tara (gr.) | 37.87 | 37.80 | 37.82 |
| Peso de suelo seco (gr.) | 187.36 | 186.00 | 188.12 |
| Humedad (%) | 12.78 | 12.81 | 12.85 |
| Densidad Seca (gr/cm^3) | 1.838 | 1.747 | 1.652 |

Aplicación de Carga

| Penetración (mm.) | Presión Patrón (Kg/cm^2) | Molde I | | Molde II | | Molde III | |
|-------------------|--|---------|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| | | Dial | Presión (Kg/cm^2) | Dial | Presión (Kg/cm^2) | Dial | Presión (Kg/cm^2) |
| 0.64 | | 3.70 | 1.26 | 3.10 | 1.01 | 2.53 | 0.77 |
| 1.27 | | 8.00 | 3.05 | 6.30 | 2.34 | 4.55 | 1.61 |
| 1.91 | | 11.80 | 4.63 | 9.30 | 3.59 | 6.60 | 2.46 |
| 2.54 | 70 | 15.00 | 5.96 | 12.07 | 4.74 | 8.60 | 3.30 |
| 3.81 | | 20.70 | 8.34 | 15.50 | 6.17 | 11.30 | 4.42 |
| 5.08 | 104 | 25.70 | 10.42 | 18.40 | 7.38 | 13.80 | 5.46 |
| 6.35 | | 29.20 | 11.88 | 20.20 | 8.13 | 15.50 | 6.17 |
| 7.62 | | 32.00 | 13.04 | 21.10 | 8.50 | 16.80 | 6.71 |
| 8.89 | | | | | | | |
| 10.16 | | | | | | | |
| 11.43 | | | | | | | |
| 12.70 | | | | | | | |

Expansión:

| Días de Inmersión en agua | Expansión | | |
|---------------------------|-----------|----------|-----------|
| | Molde I | Molde II | Molde III |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 90 | 100 | 110 |
| 3 | 140 | 150 | 190 |
| 4 | 200 | 220 | 300 |
| 5 | 390 | 421 | 450 |
| | 3.07 | 3.31 | 3.54 |

[Firma]
Ing. Wilter Jerall Vargas Ruiz
C.P. N° 28250

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
[Firma]
Miguel A. Yalligui Vargas
ING. CONSULTOR GENERAL
001-1911-111111

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718

email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024
COMBINACION : 95% de Arcilla y 5% de Cal
SUELO : Tipo (CL) ó Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad
USO : Mejoramiento
FECHA : Mayo del 2024
Tesistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wilter Jerall Vargas Ruiz
Tesis : Para Obtener el Titulo Profesional de Ingeniería Civil
Universidad : Cesar Vallejo

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.821
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.8

Compactación

| Molde N° | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| Número de capas | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 56 | 25 | 10 |
| Peso suelo + molde (gr.) | 12776 | 12548 | 12342 |
| Peso molde (gr.) | 8400 | 8380 | 8410 |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4376 | 4168 | 3932 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2111 | 2115 | 2109 |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.073 | 1.971 | 1.864 |

Humedad (%)

| Tara N° | 7 | 10 | 5 |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 249.17 | 247.63 | 250.11 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 225.23 | 223.80 | 225.94 |
| Peso de agua (gr.) | 23.94 | 23.83 | 24.17 |
| Peso de tara (gr.) | 37.87 | 37.80 | 37.82 |
| Peso de suelo seco (gr.) | 187.36 | 186.00 | 188.12 |
| Humedad (%) | 12.78 | 12.81 | 12.85 |
| Densidad Seca (gr/cm ³) | 1.838 | 1.747 | 1.652 |

Aplicación de Carga

| Penetración (mm.) | Presión Patrón (Kg/cm ²) | Molde I | | Molde II | | Molde III | |
|-------------------|--------------------------------------|---------|-------------------------------|----------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| | | Dial | Presión (Kg/cm ²) | Dial | Presión (Kg/cm ²) | Dial | Presión (Kg/cm ²) |
| 0.64 | | 3.70 | 1.26 | 3.10 | 1.01 | 2.53 | 0.77 |
| 1.27 | | 8.00 | 3.05 | 6.30 | 2.34 | 4.55 | 1.61 |
| 1.91 | | 11.80 | 4.63 | 9.30 | 3.59 | 6.60 | 2.46 |
| 2.54 | 70 | 15.00 | 5.96 | 12.07 | 4.74 | 8.60 | 3.30 |
| 3.81 | | 20.70 | 8.34 | 15.50 | 6.17 | 11.30 | 4.42 |
| 5.08 | 104 | 25.70 | 10.42 | 18.40 | 7.38 | 13.80 | 5.46 |
| 6.35 | | 29.20 | 11.88 | 20.20 | 8.13 | 15.50 | 6.17 |
| 7.62 | | 32.00 | 13.04 | 21.10 | 8.50 | 16.80 | 6.71 |
| 8.89 | | | | | | | |
| 10.16 | | | | | | | |
| 11.43 | | | | | | | |
| 12.70 | | | | | | | |

Expansión:

| Días de Inmersión en agua | Expansión | | |
|---------------------------|-----------|----------|-----------|
| | Molde I | Molde II | Molde III |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 90 | 100 | 110 |
| 3 | 139 | 160 | 185 |
| 4 | 200 | 225 | 290 |
| 5 | 406 | 419 | 446 |
| | 3.20 | 3.30 | 3.51 |

(Signature)
 Ing. WILSON VARGAS
 C.R. N° 7200

PROYECTOS Y SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 WILSON VARGAS VARGAS
 INGENIERO CIVIL
 C.R. N° 7200

Av. Circunvalación N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

Proyectos & Servicios Generales J.R. SAC

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024

COMBINACION : 92% de Arcilla y 8% de Cal

SUELO : Tipo (CL) ó Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad

USO : Mejoramiento

FECHA : Mayo del 2024

Tesistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wilter Jerall Vargas Ruiz

Tesis : Para Obtener el Titulo Profesional de Ingenieria Civil

Universidad : Cesar Vallejo

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.830

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.1

Compactación

| Molde N° | 8 | 9 | 10 |
|---|-------|-------|-------|
| Número de capas | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 56 | 25 | 10 |
| Peso suelo + molde (gr.) | 12723 | 12367 | 11925 |
| Peso molde (gr.) | 8350 | 8290 | 7995 |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4373 | 4077 | 3930 |
| Volumen del molde (cm^3) | 2120 | 2100 | 2110 |
| Densidad húmeda (gr/cm^3) | 2.063 | 1.941 | 1.863 |

Humedad (%)

| Tara N° | 51 | 52 | 53 |
|---|--------|--------|--------|
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 239.38 | 236.52 | 239.39 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 217.80 | 214.98 | 217.65 |
| Peso de agua (gr.) | 21.58 | 21.54 | 21.74 |
| Peso de tara (gr.) | 37.70 | 37.28 | 37.70 |
| Peso de suelo seco (gr.) | 180.10 | 177.70 | 179.95 |
| Humedad (%) | 11.98 | 12.12 | 12.08 |
| Densidad Seca (gr/cm^3) | 1.842 | 1.732 | 1.662 |

Aplicación de Carga

| Penetración (mm.) | Presión Patrón (Kg/cm^2) | Molde I | | Molde II | | Molde III | |
|-------------------|--|---------|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| | | Dial | Presión (Kg/cm^2) | Dial | Presión (Kg/cm^2) | Dial | Presión (Kg/cm^2) |
| 0.64 | | 4.00 | 1.38 | 3.00 | 0.96 | 2.50 | 0.76 |
| 1.27 | | 8.20 | 3.13 | 5.80 | 2.13 | 4.50 | 1.59 |
| 1.91 | | 12.10 | 4.76 | 8.80 | 3.38 | 6.40 | 2.38 |
| 2.54 | 70 | 15.79 | 6.29 | 11.46 | 4.49 | 8.23 | 3.14 |
| 3.81 | | 21.40 | 8.63 | 14.70 | 5.84 | 11.00 | 4.30 |
| 5.08 | 104 | 26.50 | 10.75 | 17.70 | 7.09 | 13.50 | 5.34 |
| 6.35 | | 30.40 | 12.38 | 19.70 | 7.92 | 15.40 | 6.13 |
| 7.62 | | 33.10 | 13.50 | 20.90 | 8.42 | 16.80 | 6.71 |
| 8.89 | | | | | | | |
| 10.16 | | | | | | | |
| 11.43 | | | | | | | |
| 12.70 | | | | | | | |

Expansión:

| Días de Inmersión en agua | Expansión | | |
|---------------------------|-----------|----------|-----------|
| | Molde I | Molde II | Molde III |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 88 | 99 | 118 |
| 3 | 105 | 112 | 138 |
| 4 | 310 | 330 | 390 |
| 5 | 400 | 429 | 448 |
| | 3.15 | 3.38 | 3.53 |


Miguel A. Rodríguez Rodríguez
C.I.P. N° 12423

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC


Miguel A. Rodríguez Rodríguez
C.I.P. N° 12423

Av. Circunvalación N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718

email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024
COMBINACION : 95% de Arcilla y 5% de Cal
SUELO : Tipo (CL) ó Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad
USO : Mejoramiento
FECHA : Mayo del 2024
Testistas : John Michelo Urrelo Jorge y Wilter Jerall Vargas Ruiz
Tesis : Para Obtener el Titulo Profesional de Ingenieria Civil
Universidad : Cesar Vallejo

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.821
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.8

Compactación

| Molde N° | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| Número de capas | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 56 | 25 | 10 |
| Peso suelo + molde (gr.) | 12776 | 12548 | 12342 |
| Peso molde (gr.) | 8400 | 8380 | 8410 |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4376 | 4168 | 3932 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2111 | 2115 | 2109 |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.073 | 1.971 | 1.864 |

Humedad (%)

| Tara N° | 7 | 10 | 5 |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 249.17 | 247.63 | 250.11 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 225.23 | 223.80 | 225.94 |
| Peso de agua (gr.) | 23.94 | 23.83 | 24.17 |
| Peso de tara (gr.) | 37.87 | 37.80 | 37.82 |
| Peso de suelo seco (gr.) | 187.36 | 186.00 | 188.12 |
| Humedad (%) | 12.78 | 12.81 | 12.85 |
| Densidad Seca (gr/cm ³) | 1.838 | 1.747 | 1.652 |

Aplicación de Carga

| Penetración (mm.) | Presión Patrón (Kg/cm ²) | Molde I | | Molde II | | Molde III | |
|-------------------|--------------------------------------|---------|-------------------------------|----------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| | | Dial | Presión (Kg/cm ²) | Dial | Presión (Kg/cm ²) | Dial | Presión (Kg/cm ²) |
| 0.64 | | 3.70 | 1.26 | 3.10 | 1.01 | 2.53 | 0.77 |
| 1.27 | | 8.00 | 3.05 | 6.30 | 2.34 | 4.55 | 1.61 |
| 1.91 | | 11.80 | 4.63 | 9.30 | 3.59 | 6.60 | 2.46 |
| 2.54 | 70 | 15.00 | 5.96 | 12.07 | 4.74 | 8.60 | 3.30 |
| 3.81 | | 20.70 | 8.34 | 15.50 | 6.17 | 11.30 | 4.42 |
| 5.08 | 104 | 25.70 | 10.42 | 18.40 | 7.38 | 13.80 | 5.46 |
| 6.35 | | 29.20 | 11.88 | 20.20 | 8.13 | 15.50 | 6.17 |
| 7.62 | | 32.00 | 13.04 | 21.10 | 8.50 | 16.80 | 6.71 |
| 8.89 | | | | | | | |
| 10.16 | | | | | | | |
| 11.43 | | | | | | | |
| 12.70 | | | | | | | |

Expansión:

| Días de Inmersión en agua | Expansión | | |
|---------------------------|-----------|----------|-----------|
| | Molde I | Molde II | Molde III |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 90 | 100 | 110 |
| 3 | 139 | 160 | 185 |
| 4 | 200 | 225 | 290 |
| 5 | 406 | 419 | 446 |
| | 3.20 | 3.30 | 3.51 |

(Signature)
 Ing. Wilter Jerall Vargas Ruiz
 C.I.P. N° 10000

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC.
 Wilter J. Jerall Vargas Ruiz
 INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL

Anexo 03: Ensayos realizados



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento,
Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana,
Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYOS REALIZADOS

1.- Ensayos Realizados

Las muestras fueron realizadas en el Laboratorio de Tarapoto en donde se realizó una verificación respectivamente para determinar sus usos, los mismos que se detallan a continuación:

- Análisis Mecánico por Tamizado ASTM D-422
- Límites de Consistencia:
- Límite Líquido ASTM D-4318
- Límite Plástico ASTM D-4318
- Clasificación SUCS y AASHTO ASTM D-2487
- C.B.R. (Relación de Soporte de California) AASHTO T 193
- Proctor Estándar ASTM D 698

2.- Trabajos de Gabinete

En base a la información obtenida durante los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio, se efectuó la clasificación de suelos de los materiales, para ello se ha utilizado los Sistemas SUCS y AASHTO para luego correlacionarlos de acuerdo a las características litológicas similares lo cual se consigna en el perfil estratigráfico que se adjunta.

3.0.- CARACTERISTICA DE LA COMBINACION

3.1.- Descripción de la Combinación:



Ing. Ronald Ramírez Reategui
C.I.P. N° 73439

a) 97% ARCILLA y 03% DE CAL.

Corresponde al Suelo Tipo (CL) o Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad, según la Clasificación SUCS y según la Clasificación AASHTO pertenecientes a los grupos y sub-grupos A-6(11), se puede utilizar dicho material para **Mejoramiento**.

b) 95% ARCILLA y 05% DE CAL.

Corresponde al Suelo Tipo (CL) o Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad, según la Clasificación SUCS y según la Clasificación AASHTO pertenecientes a los grupos y sub-grupos A-6(5), se puede utilizar dicho material para **Mejoramiento**.

c) 92% ARCILLA y 08% DE CAL.

Corresponde al Suelo Tipo (CL) o Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad, según la Clasificación SUCS y según la Clasificación AASHTO pertenecientes a los grupos y sub-grupos A-6(9), se puede utilizar dicho material para **Mejoramiento**.



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento,
 Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana,
 Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

3.2.- Resultado de los Análisis Físico – Mecánico

| CARACTERISTICAS FÍSICO – MECÁNICAS | Combinación: 97% Arcilla y 3% de cal. | Combinación: 95% Arcilla y 5% de cal. | Combinación: 92% Arcilla y 8% de cal. |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
| Límite Líquido (%) | 37.70 | 34.80 | 36.00 |
| Límite Plástico (%) | 20.15 | 20.10 | 22.30 |
| Índice Plástico (%) | 17.55 | 14.70 | 13.70 |
| % Pasa Tamiz N° 4 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| % Pasa Tamiz N° 200 ASTM | 76.80 | 55.10 | 77.10 |
| Clasificación SUCS | CL | CL | CL |
| Clasificación AASHTO | A-6(11) | A-6(5) | A-6(9) |
| Hum. Natural "In Situ" (%) | 17.23 | 20.05 | 18.70 |

EL SUELO NATURAL EN EL SUB - SUELO TIENE LOS SIGUIENTES VALORES:

| SUELO TIPO | Dens. Máx. (gr/cc) | Opt. Hum. (%) | C.B.R. al 95% Dens. Máx. | C.B.R. al 100% Dens. Máx. | Expansión | | |
|---|--------------------|---------------|--------------------------|---------------------------|-----------|----------|-----------|
| | | | | | Molde I | Molde II | Molde III |
| (CL) ó Arcilla inorgánica de Mediana plasticidad Combinación 97% Arcilla, 3% de Cal. – Combinación 01 | 1.820 | 12.88 | 6.1 | 8.5 | 3.07 | 3.31 | 3.54 |
| (CL) ó Arcilla inorgánica de Mediana plasticidad Combinación 95% Arcilla, 5% de Cal. – Combinación 00 | 1.821 | 12.80 | 6.4 | 8.5 | 3.20 | 3.30 | 3.51 |
| (CL) ó Arcilla inorgánica de Mediana plasticidad Combinación 92% Arcilla, 8% de Cal. – Combinación 03 | 1.83 | 12.10 | 6.6 | 9.0 | 3.15 | 3.38 | 3.53 |

Categoría de Sub-rasante

| Categoría de Sub-rasante | CBR |
|---|--------------------------|
| S ₀ : Sub rasante Inadecuada | CBR < 3% |
| S ₁ : Sub rasante Pobre | De CBR ≥ 3% A CBR < 6% |
| S ₂ : Sub rasante Regular | De CBR ≥ 6% A CBR < 10% |
| S ₃ : Sub rasante Buena | De CBR ≥ 10% A CBR < 20% |
| S ₄ : Sub rasante Muy Buena | De CBR ≥ 20% A CBR < 30% |
| S ₅ : Sub rasante Excelente | CBR ≥ 30% |

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 Miguel A. Reategui Vasquez
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO


 Ing. Ronald Ramírez Reategui
 C.I.P. N° 73439



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento,
Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana,
Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

3.0.- RECOMENDACIONES

- ❖ Para el Mejoramiento se recomienda realizar la mezcla utilizando la siguiente combinación: 92% de Arcilla, 8% de Cal, para poder Estabilizar el Suelo del Terreno de Fundación de la sub rasante.
- ❖ Se recomienda controlar al momento de preparar el material para el Mejoramiento, para poder uniformizar los agregados y poder tener un buen acabado de plataforma, Optimo y Buena.
- ❖ Verificar periódicamente los análisis granulométricos y límites de consistencia (Limite Líquido y Limite Plástico).
- ❖ Se recomienda que, a medida del avance de la Subrasante, debe ser compactado con Rodillo Pata de Cabra y/o liso, hasta alcanzar el 95% de su Densidad Máxima Seca del Proctor con el Optimo Contenido de Humedad, para ser colocado el material de Afirmado, compactando al 100% de su Densidad Máxima Seca del Proctor con el Optimo Contenido de Humedad.
- ❖ En el caso de no contar con zonas adecuadas para la cancha de pre homogenización, se tiene que realizar la mezcla de materiales en campo, que consistirá en la acumulación de material en cordones espaciados debidamente y batidos uniformemente por un equipo mecánico (motoniveladora).
- ❖ Finalmente podemos que para la etapa de ejecución del Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA UTILIZANDO CAL PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE CARGA, PICOTA 2024", se deberá tener en cuenta todas las consideraciones antes descritas, dada la importancia de la obra, de tal manera que asegure mayor durabilidad en la obra a ejecutar.
- ❖ **Los resultados del presente estudio son válidos solo para la zona investigada, y no se puede garantizar que sean tomados como referencia para otros similares.**


Ing. Ronald Ramirez Reategu
C.I.P. N° 73439

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Miguel A. Reategu Vasquez
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Anexo 04: Panel fotográfico

Imágenes de referencia de ubicación de toma de muestras

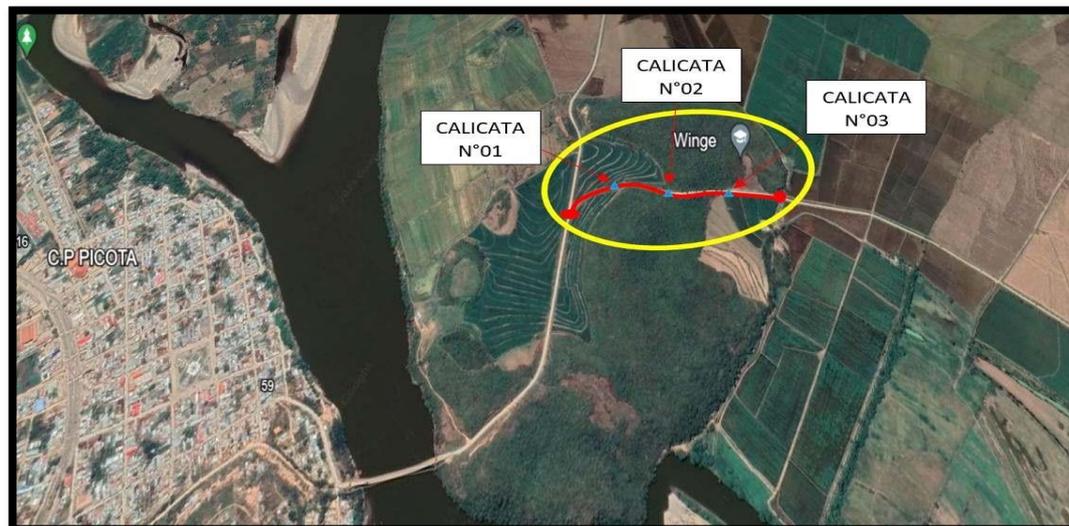
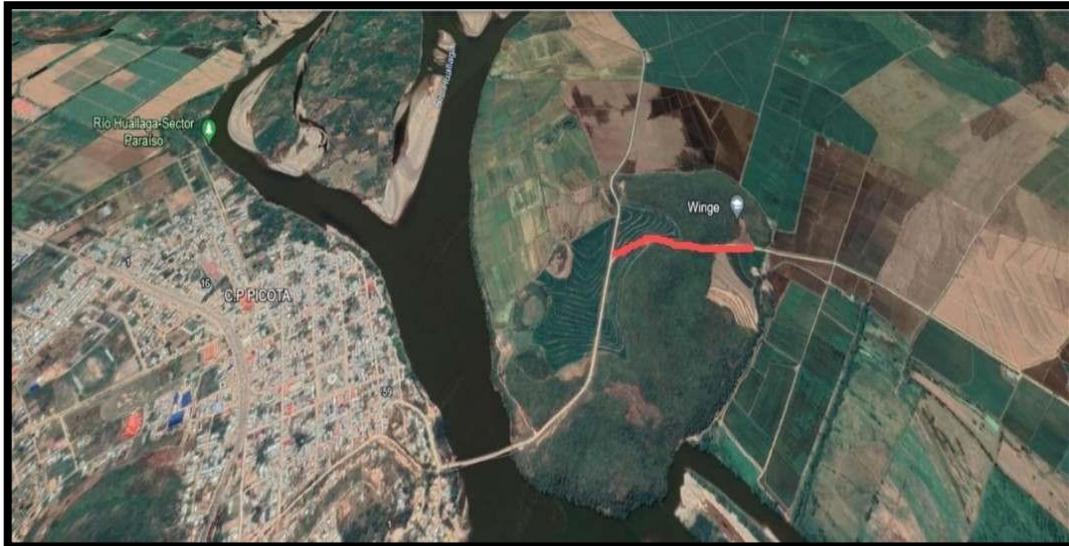


Imagen N°01

Se observa las muestras del suelo con el objetivo de determinar el contenido de humedad de acuerdo a la NTP. ASTM D2216-71; se procedió el secado en el horno a temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ luego se retiró para determinar su peso seco de la muestra.



Imagen N°2

Se observa las muestras para determinar el Límite Líquido y Límite plástico de acuerdo a la NTP. ASTM D 4318-00, se procedió al lavado de las muestras y retenidos por el tamiz N°40 y pesado una cantidad mínima de 150 gramos.





Imagen N°3

Se observa las muestras para determinar el Límite Líquido y Límite plástico de acuerdo a la NTP. ASTM D 4318-00, se procedió a colocar una muestra húmeda en la copa de Casagrande y se dividió en dos con el acanalador y contamos los números de golpes hasta cerrar la ranura y así obtener su peso.





Imagen N°4

Se observa las muestras para determinar Límite plástico de acuerdo a la NTP. ASTM D 4318-00, se procedió a realizar en forma de un rollo de diametro uniforme manipulando con nuestras manos, produciendo asi su perdida de humedad y luego se colocaron en un recipiente para la toma de los datos correspondientes.



Imagen N°5

Se observa las muestras donde se realizó el ensayo del proctor estándar de acuerdo a la NTP. ASTM D 1883, teniendo en cuenta todos los instrumentos, herramientas y equipos, el molde cilíndrico metálico con su base, luego se agregó el agua a la muestra seca hasta homogenizar el agua agregada y se procedió a dividir en 5 partes a la muestra para luego estas se agregaron en el molde en partes y compactadas con el pisón metálico cada 25 golpes y se retira de su placa base así mismo se registra su peso.





Imagen N°6

Se observa las muestras donde se realizó el ensayo del proctor modificado de acuerdo a la NTP. ASTM D 1883, teniendo en cuenta todos los instrumentos, herramientas y equipos, el molde cilíndrico metálico con su base, luego se agregó el agua a la muestra seca hasta homogenizar el agua agregada y se procedió a dividir en 5 partes a la muestra para luego estas se agregaron en el molde en partes y compactadas con el pisón metálico cada 25 golpes y se retira de su placa base así mismo se registra su peso.





Imagen N°7

Se observa las muestras donde se realizó el ensayo del CBR al 100% y 95% de acuerdo a la NTP. ASTM D 1883, se tuvo en cuenta la determinación de la humedad óptima y densidad máxima mediante el ensayo de proctor modificado, y se aplicó la carga sobre el pistón de penetración mediante la prensa CBR y tomaron las lecturas de la curva presión penetración.



Imagen N°8

Se observa las muestras para determinar el Límite Líquido y Límite plástico de acuerdo a la NTP. ASTM D 4318-00, se procedió al lavado de las muestras y retenidos por el tamiz N°40 y adicionando la cal en diferentes proporciones como 3%,5% y 8%.



Imagen N°9

Se observa las muestras con la adición del 3%,5% y 8% para determinar el Límite Líquido y Límite plástico de acuerdo a la NTP. ASTM D 4318-00, se procedió a colocar una muestra húmeda en la copa de Casagrande y se dividió en dos con el acanalador y contamos los números de golpes hasta cerrar la ranura y así obtener su peso.



Imagen N°10

Se observa las muestras con la adición de la cal al 3%,5% y 8% para determinar Límite plástico de acuerdo a la NTP. ASTM D 4318-00, se procedió a realizar en formade un rollo de diámetro uniforme manipulando con nuestras manos, produciendo así su pérdida de humedad y luego se colocaron en un recipiente para la toma de los datos correspondientes



Imagen N°11

Se observa las muestras donde se realizó el ensayo del Proctor modificado de acuerdo a la NTP. ASTM D 1883, teniendo en cuenta todos los instrumentos, herramientas y equipos, el molde cilíndrico metálico con su base, luego se agregó el agua a la muestra seca hasta homogenizar el agua agregada y con la adición de cal al 3%,5% y al 8% en comparación de suelo natural, se procedió a dividir en 5 partes a la muestra para luego estas se agregaron en el molde en partes y compactadas con el pisón metálico cada 25 golpes y se retira de su placa base así mismo se registra su peso.





Imagen N°12

Se observa las muestras donde se realizó el ensayo del CBR al 100% y 95% de acuerdo a la NTP. ASTM D 1883, se tuvo en cuenta la determinación de la humedad óptima y densidad máxima mediante el ensayo de proctor modificado, y se aplicó la carga sobre el pistón de penetración mediante la prensa CBR y tomaron las lecturas de la curva presión penetración, resultados que permitieron determinar la capacidad de carga del suelo con la adición de cal al 3%, 5% y al 8% en comparación de suelo natural.

