



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis de la resistencia del suelo arcilloso a nivel de subrasante
adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km Canta 2023**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero civil

AUTORES:

Chamorro Hinojosa, Ronald Jacinto (orcid.org/0000-0003-1366-7739)

Mori Alegria, Hugo (orcid.org/0000-0003-0813-7258)

ASESOR:

Dr. Fernández Díaz, Carlos Mario (orcid.org/0000-0001-6774-8839)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

A nuestros Padres y familiares, por su apoyo constante. A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; mucho de nuestros logros se los debemos a ellos por forjarnos carácter y constancia.

Ronald Jacinto Chamorro Hinostroza

Hugo Mori Alegría

Agradecimiento

A Dios, a nuestros padres y familia, cuya fortaleza y apoyo fue el cimiento para iniciar nuestra formación superior. A todos aquellos que inspiraron en escoger la carrera de ing. Civil y por último a nuestro asesor Dr. Carlos Mario Fernández Díaz, por su guía y enseñanzas.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, FERNÁNDEZ DÍAZ CARLOS MARIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km Canta 2023.", cuyos autores son MORI ALEGRIA HUGO, CHAMORRO HINOSTROZA RONALD JACINTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, 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 Completa 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.

LIMA, 12 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FERNÁNDEZ DÍAZ CARLOS MARIO DNI: 09026248 ORCID: 0000-0001-6774-8839	Firmado electrónicamente por: CMFERNANDEZD el 21-12-2023 15:21:43

Código documento Trilce: TRI - 0694573



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CHAMORRO HINOSTROZA RONALD JACINTO, MORI ALEGRIA HUGO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km Canta 2023.", 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
MORI ALEGRIA HUGO DNI: 80320825 ORCID: 0000-0003-0813-7258	Firmado electrónicamente por: MMORIAL17 el 13-12-2023 05:00:52
CHAMORRO HINOSTROZA RONALD JACINTO DNI: 70753412 ORCID: 0000-0003-1366-7739	Firmado electrónicamente por: RCHAMORROH el 13-12-2023 20:04:51

Código documento Trilce: INV - 1462039

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor	iv
Declaratoria de originalidad del autor	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de gráficos y figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización	10
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas y recolección de datos	12
3.5. Procedimientos	13
3.6. Métodos y análisis de datos	13
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN	26
VI. CONCLUSIONES	30
VI. RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS	32
ANEXOS	37

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Análisis Granulométrico Calicata 1</i>	14
Tabla 2: <i>Análisis Granulométrico Calicata 2</i>	15
Tabla 3: <i>Análisis Granulométrico Calicata 3</i>	16
Tabla 4: <i>Limites de consistencia calicata 1</i>	17
Tabla 5: <i>Limites de consistencia calicata 2</i>	18
Tabla 6: <i>Limites de consistencia calicata 3</i>	18
Tabla 7: <i>Clasificación de Suelos Calicata 1</i>	19
Tabla 8: <i>Clasificación de Suelos Calicata 2</i>	19
Tabla 9: <i>Clasificación de Suelos Calicata 3</i>	20
Tabla 10: <i>Humedad</i>	21
Tabla 11: <i>Densidad Seca</i>	22
Tabla 12: <i>Resistencia</i>	23
Tabla 13: <i>CBR AL 95%</i>	24

Índice de gráficos y figuras

Figura 1	60
<i>Análisis de Granulometría</i>	60
Figura 2	60
<i>Moldes para las pruebas</i>	60
Figura 3	61
<i>Límites de consistencia (Atterberg)</i>	61
Figura 4	61
<i>Secado del agregado fino</i>	61
Figura 5	62
<i>Prueba de Proctor</i>	62
Figura 6	62
<i>Prueba de CBR</i>	62

Resumen

Este estudio es de un enfoque cuantitativo de tipo aplicada con un diseño de estudio experimental, cuyo objetivo fue determinar cómo afectará la adición de cobre y sílice al análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante, se realizaron las pruebas de laboratorio al suelo en cuestión donde se compactará en unos moldes normados, se sumergió en agua y sufrió punzonamiento con un pistón bajo la norma ASTM / MTC teniendo en cuenta que dicho suelo se adicionó cobre al 1.5%, 2.5%, 3.5% 4.5% y sílice al 5.5% respectivamente los resultados de las muestras curadas a 3 días al 0%, 1.5%+5.5%, 2.5+5.5%, 3.5+5.5% y 4.5+5.5% con cobre y sílice son porcentajes que se tomarán para realizar la dosificación con el suelo natural, el CBR es de 6 % al 95% de MDS, el resultado de humedad optima fueron 7.17, 7.37, 7.4, 7.57 y 7.30%; densidad seca fueron 1.87, 1.89, 1.90, 1.93 y 1.90 gr/cm³, resistencia a la compresión fueron 1.36, 1.61, 1.72, 1.98, y 1.36 Kg/cm² y el CBR fueron de 14, 22, 29, 46 y 38% al 95% de M.D.S., donde los porcentajes utilizadas indicados fueron favorables para incrementar la resistencia de la subrasante.

Palabras Clave: suelo cohesivo, cobre, sílice

Abstract

This study is an applied quantitative approach with an experimental study design, the objective of which was to determine how the addition of copper and silica will affect the analysis of the resistance of a clay soil at the subgrade level. Laboratory tests were carried out at soil in question where it will be compacted in standardized molds, submerged in water and subjected to punching with a piston under the ASTM / MTC standard taking into account that said soil was added copper at 1.5%, 2.5%, 3.5% 4.5% and silica to the 5.5% respectively, the results of the samples cured at 3 days at 0%, 1.5%+5.5%, 2.5+5.5%, 3.5+5.5% and 4.5+5.5% with copper and silica are percentages that will be taken to carry out the dosage with the natural soil, the CBR is 6% at 95% of MDS, the result of optimal humidity were 7.17, 7.37, 7.4, 7.57 and 7.30%; dry density were 1.87, 1.89, 1.90, 1.93 and 1.90 gr/cm³, compressive strength were 1.36, 1.61, 1.72, 1.98, and 1.36 Kg/cm² and the CBR were 14, 22, 29, 46 and 38% at 95% of M.D.S., where the indicated percentages used were favorable to increase the resistance of the subgrade.

Keywords: cohesive soil, copper, silica

I. INTRODUCCIÓN

La capacidad de carga inferior común de los suelos de subrasante débiles se ha convertido en un problema costoso para los cimientos del ferrocarril. Regularmente contienen alta humedad, asentamientos significativos, menor capacidad de carga y baja resistencia al corte (Buazar, 2019). Una subclase de erosión interna es la llamada erosión de contacto. En este caso, las partículas de la capa de suelo de grano más fino se mueven con el agua que fluye hacia los poros de la capa de suelo de grano más grueso. En otras palabras, la erosión por contacto ocurre en la interfaz de dos capas con diferentes tamaños de grano, este mecanismo ocurre cuando un suelo de grano grueso está en contacto con un material de grano fino, y el flujo de agua erosiona el suelo fino hacia la superficie de contacto con el suelo grueso. Los principales flujos turbulentos que pueden afectar el material granular en servicio son la turbulencia del aire de los vehículos en movimiento en una carretera y la escorrentía de agua. Un flujo concentrado, como la escorrentía de agua, es energético y tiene la energía necesaria para arrastrar las partículas del suelo. La pérdida de partículas más finas encontradas en el arcén de carreteras sin pavimentar o pavimentadas debido a los flujos turbulentos es un problema de gran preocupación. Además, los vehículos pesados que circulan por las carreteras deterioran el problema de la estabilidad y la erosión. Generalmente, las partículas arrastradas desde la matriz del suelo son en su mayoría partículas de limo y arcilla debido a su peso ligero. Los asentamientos diferenciales, que normalmente se producen en los terraplenes de las carreteras, son el resultado de la progresión temporal de las cavidades que resultan del fenómeno de erosión por contacto (Hosseini et al., 2020).

El avance de la economía y los procesos constructivos en las ciudades de las áreas costeras de China han provocado la acumulación de sedimentos en el suelo. Según las estadísticas oficiales, desde 1950 hasta finales de 2015, la provincia china de Zhejiang excavó 272 800 hm² de limo. El sedimento viene a ocupar grandes extensiones del orbe terrestre y causa enormes pérdidas económicas, sino que también tiene deficiencias prácticas de ingeniería, como un alto contenido de humedad, malas propiedades mecánicas y baja durabilidad integral, lo que trae riesgos potenciales para la seguridad del proyecto de construcción. y la vida de las personas

(Wang et al., 2021). Investigadores han expresado su profunda preocupación con respecto a la falla de la subbase y la falta de durabilidad de los pavimentos de carreteras de alto volumen (HVR) existentes y recién construidos. MoRTH ha construido 12,205 km de Carretera Nacional en el año fiscal 2020-21. Además, se deben utilizar materiales de construcción convencionales extensos con el objetivo de construir 11,000 km de carreteras en el año fiscal 2021-22. Sin embargo, se hace hincapié en la utilización efectiva de materiales granulares no convencionales (NCGM) como PA para la construcción de cimientos de pavimentos debido a la escasez de materiales convencionales en grandes cantidades. Por lo tanto, la utilización efectiva de este subproducto industrial almacenado es la necesidad del momento (Ghosh, Roy & Roy, 2023). Los suelos con baja capacidad portante y alta compresibilidad que no poseen suficiente resistencia debido a las cargas existentes imponen una limitación de gran extensión cuando se va a diseñar y hacer construcciones en la infraestructura tales como terraplenes ferroviarios y / o de carreteras, cimientos de puentes, subrasante de canales y muros de contención (Ghavami, et al (2021)). Nuestro problema de investigación será mostrar la importancia del método de investigación utilizado, Baena (2016) plantea que en general, un método es un camino o camino utilizado para lograr una meta o meta, dicho esto planteamos la problemática general: ¿Cómo afecta la adición de cobre y sílice al análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante, Canta 2023? Se plantea de manera específica lo siguiente a) ¿Cómo influye la adición de cobre y sílice en el contenido de humedad de un suelo arcilloso?, b) ¿Cómo interviene la adición de cobre y sílice en la máxima densidad seca de un su suelo arcilloso?, c) ¿Cómo ejerce la adición de cobre y sílice en la resistencia relativa de un suelo arcilloso?

Y de manera genérica se plantea el siguiente objetivo: es lo que se desea conseguir (Baena, 2016). Objetivo general: Determinar cómo afectará la adición de cobre y sílice al análisis de la resistencia del terreno arcilloso, en la sub. Como objetivo específico tenemos 1) Determinar cómo afectará la adición de cobre y sílice en contenido de humedad del terreno arcilloso, 2) Examinar cómo ejercerá la adición de cobre y sílice en la máxima densidad seca de un suelo arcilloso, 3) Estudiar la intervención al adicionar cobre y sílice en la resistencia relativa del terreno arcilloso.

II. MARCO TEÓRICO

Kavisri, et al. (2018) su estudio evaluó la utilización de subproductos industriales de escoria de cobre y granallado molido, escoria de horno (GGBS) como agente estabilizador en suelos expansivos con propiedades de alta hinchazón que causan daños graves, realizaron pruebas en ensayos. En estudios sobre como estabilizar terrenos arcillosos, se ejecutaron pruebas que permitan establecer la humedad óptima (OMC), la densidad seca máxima (MDD), resistencia a compresión sin confinar (UCC) y la capacidad de soporte de California (CBR). Estas pruebas se aplicaron a mezclas de suelo arcilloso con diferentes proporciones de escoria de cobre y GGBS (10%, 20%, 30%). Los resultados indicaron que la mezcla de 70% de suelo arcilloso con 30% de escoria de cobre y GGBS resultó ser la de mayor efectividad, mostrando una menor cantidad de humedad y también mayor densidad seca. Específicamente, el espécimen de suelo arcilloso con 30% de escoria de cobre presentó mejores resultados en la prueba CBR. Además, el uso de escoria granulada de alto horno molida como estabilizador en una proporción del 10% resultó ser más efectivo que en proporciones del 20% y 30%. Se concluyó que la incorporación de Escoria de Cobre y GGBS mejora significativamente la cantidad de humedad y la densidad máxima seca del terreno, recomendándose para el futuro más procesos investigativos en este campo.

Por otro lado, Soltani et al. (2021) efectuaron investigaciones experimentales, el escenario fue Universidad de la Federación Churchill, Australia, enfocándose en el tratamiento de goma-miga-tonos (GR) con biopolímero de alginato de sodio (NA). Mediante la prueba de compresión de un solo eje (UCS) conforme a ASTM D2166, observaron que los valores de UCS aumentaban significativamente con diferentes concentraciones de alginato de sodio (5, 10, 15 g/L), alcanzando mejoras del 78%, 113% y 145% respectivamente. Se destacó una tendencia variable en los parámetros de SA en relación con el contenido de GR, alcanzando un máximo con un 5% de FGR y luego disminuyendo.

Dave, et al. (2019) su investigación por experimento se desarrolló con el fin de demostrar el uso de las fibras polipropilénicas (PPF) con el fin de mejorar la estabilidad del terreno expansivo. Ejecutó experimentos con diferentes concentraciones de Fibra de Polipropileno (PPF) en porcentajes de 0,75%, 1,5%, 2,0%, 2,25% y 2,5%. Se

llevaron a cabo pruebas para determinar la suficiencia para poder compactar un terreno; también el famoso CBR tras el proceso de remojo y midiendo cuanto es lo que resiste a compresión sin confinamiento en muestras de suelo. Los resultados revelaron que la incorporación del PPF disminuía la densidad en un intervalo de 3 a 6,5%, mientras que aumentaba la humedad óptima entre 2,3% y 5,25%. Se observó también que el PPF, con unas fibras longitudinales de 10 mm, elevaba la relación de carga remojo (LCR) de un terreno del 1,54 a 5,75%. Al incrementarse el largo de las fibras desde 10 a 30 milímetros, el valor de CBR se elevó del 5,75% al 7,06%, manteniendo la misma proporción. Adicionalmente, la capacidad de resistir a compresiones sin confinar aumentó en un 56,9% con un 2,25% de fibras. Estos hallazgos nos evidencian que el usar fibras de polipropileno para la estabilización de suelos es altamente efectivo, siendo el 1,5% de PPF la proporción óptima para modificar favorablemente las propiedades cohesivas del suelo.

Arash, et al. (2023) realizó trabajos experimentales en la Universidad RMIT, Melbourne, Australia, evaluó varias modalidades de hidróxido de sodio como activador alcalino y diferentes combinaciones de CS-RGP para evaluar el comportamiento mecánico y microestructural del suelo arcilloso estabilizado de baja plasticidad, realizaron pruebas en ensayos mediante estabilización mecánica y química para mejorar el rendimiento mecánico del suelo, se obtuvieron valores a partir del resultado que al aplicar CS al 5% con un activador alcalino fijo, el UCS a los 56 días de curado y el CBR a los 7 días de curado aumentaron 3.11 y 1.68 veces, respectivamente, mientras que estos valores fueron 4.03 y 1.90 veces, respectivamente, al aplicar 5% RGP, Al aumentar la concentración de NaOH (de 1 M a 5 M), la OMC disminuyó notablemente (alrededor del 5%) mientras que la MDD aumentó de 1,68 a 1,76 gm/cm³, la inclusión de RGP y CS disminuyó los límites de Atterberg, la reducción en LL fue más notable que la de PL y PI, en la concentración fija de NaOH, la UCS del N5C0R5 a los 28 días de curado fue un 30,4% mayor que la del N5C5R0, el CBR de las muestras tratadas con RGP fue alrededor de un 10% mayor que el de las estabilizadas con CS, tras los análisis de los resultados muestran claramente mejoras en la resistencia del suelo, para futuros estudios se recomienda evaluar la metodología de esta investigación para el tratamiento de suelos arcillosos de alta plasticidad como

subrasantes arcillosas, se recomienda realizar más estudios.

Bakhshizadeh, et al. (2022) con el propósito para estudiar los efectos del método de estabilización de la superficie utilizando alginato de sodio en el suelo arcilloso. Han aplicado un análisis microscópico mediante pruebas de compresión ilimitadas (UC) de acuerdo con los tiempos XR (DRD), la espectroscopía distribuida de energía (EDS), los microscopios electrónicos (FESEM) y ASTM D. 2166 de la exploración de barrido de emisión. Alginato de sodio. 0.25 %, 0.5 %, 0.75 %, 1 %, 1.25 %. Recibido; con la adición de alginato de sodio, el valor máximo de UC obtenido en 28 días de curado es 188 kPa, es decir, 1.9 veces, ácido Algin 0.25 %, 0.5 %, 0.75 arginada, 0.75 arginada. Fue una falta de falla debido a la falta porcentaje de sodio. Llego a la conclusión. La UC de la muestra del suelo ha aumentado y ha cambiado a una grieta de corte sutil que tiene una concentración de sodio algin de 1.25 % para los métodos de extensión, que tiene una extensión de arginato de sodio al 1,25 %, que es fácilmente roto/grietas plásticas.

Hossein et al., (2020) la finalidad fue hacer investigaciones sobre los efectos de las diferentes cantidades de nanosílice sobre el comportamiento de erosión de contacto de suelos dispersivos durante diferentes períodos de curado de 1, 7, 14 y 28 días, aplicando pruebas como de hidrómetro doble, agujero de alfiler, límites de Atterberg, microscopio electrónico de barrido en el suelo dispersivo y muestras de suelo estabilizado con nanosílice, en dos tipos de suelos de grano grueso y fino. Se observo que a medida que el tiempo de curado aumentó de 1 a 28 días en una muestra que contenía 1% de nanosílice, el potencial de dispersividad se redujo significativamente en aproximadamente un 38% y el UCS de las muestras tratadas con nanosílice al 1% después de 1 y 28 días de curación aumentó en 1,34 y 3,25 veces, respectivamente, se concluye el mejor valor de nanosílice para la estabilización del suelo dispersivo en este estudio fue del 1% validando el uso de nanosílice en la mejora de terraplenes de arcilla dispersiva a través de los porcentajes mostrados en las pruebas SEM y FTIR.

Gobinath, et al. (2021) en este estudio experimental desarrollado en la Facultad de Ingeniería SR, Warangal, India, con el objetivo de demostrar que el cobre es altamente permeable en la capa de pavimento con la baja compresibilidad, se usó escoria de cobre al 1, 2 y 3%, la clasificación del suelo se realiza según IS 1498:1970 utilizando

un análisis de tamiz y un procedimiento hidrómetro, prueba Proctor estándar con martillo ligero que permita determinar la cantidad de humedad (OMC). Aquí se observó que el suelo de control se encontró en 2.862 g/cm³, el suelo estabilizado con 1% de escoria de cobre se encontró alrededor de 2.160 g/cm³, el suelo estabilizado con 2% de escoria de cobre se obtuvo alrededor de 2.280 g/cm³ y luego el suelo también estabilizados con escoria de cobre al 3% se encontraron alrededor de 2.484 g/cm³, la variación de la OMC y MDD (Densidad Seca Máxima) se atribuyó a la incorporación por lo tanto se concluye que los especímenes curados muestran la buena resistencia con mezclas bituminosas y muestra su resistencia al contenido de humedad y la escoria de cobre normalmente contiene sílice durante el proceso de fundición y proporciona buena durabilidad, aislamiento y excelentes propiedades mecánicas.

Aguilar & Rosas (2019) diseñó un estudio experimental para demostrar la síntesis de Cu₂O con diferentes morfologías como cúbica, octaédrica, octaédrica truncada y cúbica truncada por el método del pegamento. reducción química del NaBH₄A a temperatura ambiente, se estudió el cambio morfológico variando la concentración de cloruro de cobre dihidratado, demostrando que se realizó el análisis químico correcto al sólido, donde en los estudios de este caso se observa que el elemento Cu es determinado con una intensidad más alta, entonces O. Estos resultados confirman una composición compuesta simple de partículas de Cu₂O. Se encontró que los métodos XRD, SEM y TEM confirmaron que para CuCl₂ 15 mM, las partículas sintetizadas eran nanobloques. Con Cu₂O, Cu₂ONP también crece en forma octaédrica a 16 mM de CuCl₂. Todas las muestras obtenidas en forma de cubo y octaedro cortado arrojaron concentraciones de precursores de sal en el rango de 17-20 mm.

Como bases teóricas, los suelos arcillosos están compuestos de minerales activos e inactivos. Los suelos arcillosos se distinguen por su elevado contenido de partículas de arcilla, originadas de la descomposición de rocas. Estas partículas, finas y plásticas, confieren al suelo arcilloso características únicas en la mecánica de suelos. Primero, son cohesivos, es decir, mantienen su forma y estructura cuando se encuentran secos y compactos, gracias a la coherencia proporcionada por la arcilla. Además, poseen plasticidad, lo que les permite deformarse y adaptarse bajo cargas externas. Esta flexibilidad se debe a la estructura cristalina de las partículas de arcilla y su habilidad

para absorber agua. Otro aspecto importante es su comportamiento frente a la humedad: los suelos arcillosos tienden a expandirse al saturarse de agua y a contraerse al secarse, un ciclo de expansión y retracción que puede afectar la estabilidad de las estructuras construidas sobre ellos. Finalmente, estos suelos tienen baja permeabilidad, resultado de su textura fina y densa, lo que limita su capacidad para drenar el agua eficientemente. Esto puede resultar en problemas de humedad y encharcamiento; la resistencia al corte como terrenos cohesivos pueden ofrecer cierta capacidad de resistir al corte considerablemente mayor en condiciones secas, debido a la cohesión entre las partículas de arcilla, sin embargo, su resistencia disminuye cuando se saturan de agua, se puede concluir que el terreno arcilloso o cohesivo son terrenos que presenta características de coherencia, plasticidad, retracción y expansión, baja permeabilidad y diferentes resistencias al corte dependiendo de su contenido de humedad. Estas propiedades son importantes a la hora de diseñar y construir estructuras sobre estos suelos, cabe mencionar que los suelos arcillosos presentan varias propiedades importantes en términos de la mecánica de suelos. Algunas de estas propiedades son: la plasticidad donde los suelos arcillosos tienen una alta plasticidad, lo que significa que son capaces de deformarse sin romperse cuando se someten a cargas. Esta propiedad los hace susceptibles a la compresión y expansión; la cohesión donde los suelos arcillosos presentan una alta cohesión debido a los enlaces electrostáticos entre las partículas de arcilla. Esto los hace difíciles de erosionar y ayuda a mantener su estructura cuando están mojados; la retracción y expansión. Esto puede causar problemas en estructuras construidas sobre suelos arcillosos, ya que los cambios volumétricos pueden generar movimientos y daños. Esto puede afectar la capacidad de drenaje del suelo y su resistencia a corto plazo; la baja permeabilidad donde los suelos arcillosos tienen baja permeabilidad al agua debido a la estructura fina de sus partículas. Esto puede llevar a problemas de drenaje y acumulación de agua en la superficie, así mismo estas propiedades pueden tener un impacto significativo en la estabilidad y comportamiento de las estructuras construidas sobre suelos arcillosos. Por lo tanto, es importante considerar estas propiedades durante el diseño y la construcción de proyectos geotécnicos, también la trabajabilidad, resistencia y permeabilidad del suelo de grano fino podrían estimarse adecuadamente

controlando la plasticidad del suelo, por lo tanto, el índice de plasticidad de las muestras se evalúa haciendo el cálculo de la plasticidad (Gobinath, et al.,2021). En relación con la mecánica de suelos, se realizan diversas pruebas a los terrenos arcillosos con el fin de determinar indicadores que los caracteriza. Algunos de los ensayos más comunes incluyen; el análisis granulométrico donde esta prueba determina la distribución del diámetro de la partícula que forman parte de los especímenes de muestras cohesivas. Determinar la consistencia del suelo involucra ensayos para determinar los límites de consistencia; con esto se establece si el suelo es cohesivo. Para determinar cómo se compacta el terreno, se ejecutan ensayos de densidad y humedad, así se determina si un suelo con alta cohesión queda en condiciones óptimas para obras de construcción civil. La capacidad de soporta el corte de un terreno se efectúa mediante de corte directo; así se ayuda al terreno a ser estable resistente a las cargas que lo solicitan. Otro ensayo importante en suelos cohesivos es analizar cómo se consolida. Para esto se usa el consolidómetro o edómetro, midiendo así la capacidad para soportar cargas aplicadas y determinar cuánto se asienta en el tiempo y también mide la capacidad de soporte. El análisis de la permeabilidad en terrenos blandos se determina evaluando cuanto se drena y si es susceptible a ser erosionado.

Para verificar el impacto de la mejora de la resistencia, se efectuaron ensayos donde se pone a prueba la resistencia del terreno como compresión no confinada (UCS) en probetas estabilizadas. El índice plástico (IP) se describe como un criterio para determinar la cantidad porcentual de agua cuando el material está en estado plástico efectuando una diferencia entre los límites líquido y plástico. En otras palabras, el valor PI proporciona una comprensión aproximada del comportamiento y las propiedades del terreno (Hussein, 2021). Y para saber si un suelo es consistente se calculan por ensayos el límite líquido, el límite de plasticidad y el de contracción. Estos límites se expresan en porcentaje de agua en el momento que el material pasa de una fase a otra (Hossein et al., 2020). Tenga en cuenta que, a niveles de humedad casi óptimos, la fuerza se reduce significativamente. Es decir, dos muestras se comprimen al mismo peso seco, una en el lado seco óptimo y otra en el lado húmedo óptimo, y la muestra se comprime en el lado seco óptimo (es decir, uso de floculante), aumenta la

resistencia. En los suelos arcillosos, la concentración de iones y el grosor de la capa de agua influyen en sus propiedades. Una característica notable de estos suelos es su sensibilidad, que se define como la variación en la resistencia a la compresión sin confinamiento entre el estado no deformado y el deformado. La sensibilidad se manifiesta por una reducción significativa en la resistencia a la compresión libre cuando el suelo, tras ser deformado, se examina sin alterar su contenido de humedad. Cuando se agrega cal al material cohesivo, se desencadenan procesos de puzonalización y también procesos catiónicos y de aparición de flóculos. Durante el proceso de floculación, los cationes monovalentes comunes de los materiales cohesivos se reemplazan por otros. Incluso una pequeña cantidad de cal, entre el 2 a 3 por ciento del peso seco del suelo puede tener un impacto considerable en cuanto a que el material sea manejable. La cal adicionada se encarga de transformar el suelo de plástico a una condición más dura y seca al instante, siendo útil en condiciones de lodos o trabajos complicados. Similarmente, el cemento puede estabilizar suelos arcillosos y arenosos. Al igual que la cal, ayuda a reducir los límites líquidos y mejora las características plásticas y de manejo de la arcilla.

Estabilizar haciendo suelo-cemento se muestra muy buena cuando los cohesivos tienen LL inferior a 45-50, siendo el IP menos de 25. (Das, 2013). Para carreteras se utilizan levantamientos de suelo para determinar la calidad del subsuelo y canteras utilizadas para la construcción. Las pruebas realizadas son: Clasificación de Granularidad AASHTO, Proctor, CBR (California Support Ratio). Para estudios de cantera base o subbase pruebas adicionales como resistencia al desgaste en máquinas los Ángeles. La escoria de cobre se obtiene a través de procesos hidrometalúrgicos o pirometalúrgicos durante la extracción de cobre de sus minerales. Esta escoria contiene varios componentes como hierro, alúmina, óxido de calcio y sílice. Debido a su composición, es adecuada para ser reciclada, reutilizada y empleada como material alternativo en diversas aplicaciones geotécnicas. Es especialmente útil en la construcción de carreteras, rellenos de terraplenes, y como base o subbase en caminos. Además, la escoria de cobre actúa como un agente estabilizador efectivo para mejorar suelos arcillosos débiles en subrasantes, contribuyendo a la estabilidad y durabilidad de estas estructuras.

La escoria de cobre tiene una gran angularidad y ángulo de fricción, hasta 52° de agregado que contribuyen a la estabilidad y capacidad de carga. Puede ser usado como agregado alternativo en mezcla bituminosa y otros agregados de construcción (Abraham, 2018). La escoria de Cobre es un subproducto industrial que se obtiene en la producción de extracción de cobre por fundición. se eliminan las impurezas que flotan sobre el metal y se conoce como escoria de cobre que se obtiene en un estado fundido. Este es un material de desecho en la industria. Se agrego en 10%, 20% y 30% en el suelo arcilloso (Kavisri, et al..2018) se pueden observar que los relaves de cobre oxidados se pueden utilizar en el hormigón de cemento como reemplazo parcial de los agregados finos naturales de uso común. Los relaves de cobre utilizados en el hormigón también pueden dar buenos resultados con un curado adecuado y pueden utilizarse en suelos de alta resistencia. En concreto, donde más del 70% de los agregados naturales se reemplazan con relaves de cobre, se puede usar en aplicaciones no estructurales como pavimentos, los relaves de minas de cobre se pueden utilizar hasta un 60% de reemplazo de la arena natural de río para preparar concreto de grado M25, lo que hace que el concreto sea fuerte y duradero (Debabrata & Kumar, 2022). La sílice precipitada ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), que se obtiene cuando las cáscaras de arroz son incineradas. Estas se entierran en la caldera pirotubular. Se recogió del molino de arroz cerca de Tirupur en una etapa de quema formalmente enterrada a 600 C. Cualquier material puzolánico que tenga una fuente rica de sílice y alúmina en fase amorfa y sea soluble en un activador alcalino puede ser la base de un geopolímero para geopolimerización. (Pourabbas, et al. ,2018). Se utilizo el humo de sílice en lugar de cemento en virtud de una reactividad muy puzolánica. El humo de sílice es "sílice no cristalina muy fina producida en un arco eléctrico", hornos como subproducto del silicio elemental o aleaciones que contienen producción de silicio". Este material puzolánico da como resultado características del concreto que se mejoran cuando se utiliza como reemplazo del cemento. Además, el humo de sílice se considera un viable estabilizador de suelo llenando micro-huecos y generando una mezcla más densa, lo que lleva a mejorar las propiedades geotécnicas del suelo estabilizado (Sadegh, et al. 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Se realizó la investigación de tipo aplicada, la cual debe responder preguntas específicas porque el problema está establecido, el investigador lo reconoce, construye y modifica un problema en específico con la necesidad de que los investigadores midan objetivamente la magnitud de los efectos causados por los fenómenos dentro del problema sin influir en los resultados (Behar, 2008),

Diseño de investigación, es el estudio es experimental. Esto sería ventajoso en este caso, ya que se manipula de manera deliberada las variables independientes cobre y sílice, aplicado aleatoriamente para el observar las variaciones de los resultados del CBR de un suelo arcilloso, según Behar (2008). Existen dos grupos: experimental y de control, para controlar estrictamente las variables que se miden y cualquier variable rara que pueda afectar el resultado del experimento. Es decir, un estudio experimental permite establecer relaciones de causa-efecto de una situación donde se observa influencia de una sobre otra variable.

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: independiente

El cobre y sílice fueron las variables independientes, funcionaran como un causante que modificó un suelo arcilloso, de acuerdo con Behar (2008) es la variable que representa la cantidad a cambiar en el experimento y expresan las causas del fenómeno.

Definición conceptual

La sílice precipitada ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) es ceniza de cáscara de arroz enterrada que queda en la caldera pirotubular. Se recogió del molino de arroz cerca de Tirupur en una etapa de quema formalmente enterrada a 600 C. También se le llama Reacción "Feed Ash" entre solución de silicato alcalino con mineral la agitación ácida con agua produce este material (Gobinath et al., 2020). La producción de escoria de cobre es mediante un proceso de hidrometalúrgica usando minerales de cobre y que también contiene: sílice alúmina, hierro y óxido de calcio entre otros; estos son generalmente aptas para su

reciclaje, reutilización y utilización como materiales alternativos en carreteras, construcción y otras aplicaciones geotécnicas (Abraham, 2018).

Definición operacional

Se utilizara el polvo al material cohesivo realizando 4 combinaciones distintas, como al: 1.5%, 2.5% 3.5% y 4.5% de cobre y 5.5% de sílice del peso total del suelo.

Variable 2: dependiente

El suelo arcilloso fue la variable dependiente donde se verá los resultados por la adición de cobre y sílice, de acuerdo con Behar (2008) son las que expresan las consecuencias del fenómeno,

Definición conceptual

El suelo es un material complejo, heterogéneo, incontrolable y con propiedades muy variables que no sólo difiere de un lugar a otro sino también por diversas profundidades. No es fácilmente transportable como el otro. Los materiales de construcción como el acero, el hormigón y también sus propiedades de ingeniería dependen del entorno en el que está presente. El suelo desempeña el papel principal en una obra de construcción. Sus propiedades como capacidad de carga, límite de contracción, porosidad, densidad aparente, grado de saturación, límite plástico, agua contenida, etc., son algunas de las principales propiedades que afectan la construcción del edificio (Kavisri, et al., 2018).

Definición operacional

Para la caracterización mecánica de suelos arcillosos se realizó pruebas de LL y LP, corte directo, compresión simple, análisis de tamizado en húmedo y ensayo de gravedad específica.

3.3. Población, muestra, muestreo

La población es un conjunto en donde tiene validez lo que se obtiene por poseer las mismas características que reafirma la investigación Behar (2008).

Manifestó que la muestra es esencialmente un subconjunto del universo. Que pertenecen a un conjunto que comparte las mismas características.

Para esta investigación se utilizó 16 muestras para ser modificadas con cobre y sílice. Se llevo a cabo un muestreo probabilístico, que de acuerdo con Behar (2008), en la cual todos tienen la misma oportunidad de ser elegidos

Para la Unidad de análisis, se utilizó el suelo arcilloso, según Behar (2008) la unidad primaria es analizada en la investigación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La presente investigación realizó diversas técnicas de recolección de datos como la técnica de observación, bajo el concepto de Behar (2008), se aplicaron varios métodos y técnicas que permitió a los analistas desarrollar sistemas de información como entrevistas, encuestas, cuestionarios, observaciones, diagramas de flujo y diccionarios de datos.

Para los Instrumentos se utilizó las fichas de recolección de datos, las que fueron usadas en los ensayos de laboratorio. Según Behar (2008) señaló que las diversas herramientas de recolección de datos ayudan a la validez del estudio.

3.5. Procedimientos

En este estudio se realizó un contrato con el laboratorio donde se hizo la compactación en unos moldes normados, se sumerge en agua y se punzona con un pistón. Se rige por la norma ASTM/MTC, considerando que a dicho suelo se le agregará cobre al 1.5%, 2.5%, 3.5% 4.5% y sílice un valor constante de 5.5%.

3.6. Método de análisis de datos

Se aplicó el ensayo CBR en suelos según lo que indica la ASTM 1883 / MTC E 132. Se obtuvo los resultados mediante ensayos establecidos con protocolos las cuales son instrumentos confiables tal cual permiten recolectar los datos, así como se muestran

en la realidad sin alterarlos, se pretende encontrar las propiedades físicas y mecánicas, con los resultados obtenidos se dio un contraste con la hipótesis planteada, bajo el concepto de Behar (2008), que manifestó que el procesamiento de las muestras brindo el análisis de la variable.

3.7. Aspectos éticos

En investigación se realiza la cultura ética para promover la comprensión y el respeto a la producción científica, los avances en el conocimiento y las mejoras en la condición humana a medida que la sociedad progresa rápidamente. (Behar, 2008), en esta investigación, se cumple con los siguientes compromisos éticos: se establece el compromiso de brindar citar en el desarrollo de la tesis la autoridad para su veracidad final; la confiabilidad de los datos suministrados y la identificación correcta de los involucrados en el estudio. Se respalda la veracidad de los resultados la cual conlleva a que no podrá realizar copia de resultados de otras investigaciones.

Se respalda la originalidad del presente estudio. Se respalda que no existe plagio en el presente estudio. El respeto cada una de las investigaciones.

IV. RESULTADOS

Propiedades físicas-mecánicas del suelo cohesivo con adición en polvo en 4 diferentes dosificaciones, las cuales son: cobre al 1.5%, 2.5%, 3.5% 4.5% y sílice al 5.5% de forma constante del peso total.

Tabla 1: se dan los valores de la arena y grava chancadas según la granulometría y de acuerdo con lo que señala la norma MTC E-107.

Tabla 1. Análisis Granulométrico Calicata 1

MALLAS		DENOMINACIÓN	0+ 200				
			C-1 M-1 (0.00 - 0.85)		C-1 M-2 (0.85- 1.50)		
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)	RET (%)	PASA (%)	
3"	76.200	MTC E-107 (2000)					
2 1/2"	63.500						
2"	50.800			100			
1 1/2"	38.100			3	97		
1"	25.400			6	91		
3/4"	19.050			4	87		
1/2"	12.700			5	82		
3/8"	9.525			8	74		
1/4"	6.350			6	68		
N° 4	4.760			4	64		
N° 6	3.360			3	61		100
N° 8	2.380			3	58	4	96
N° 10	2.000			4	54	5	91
N° 16	1.190			5	49	6	85
N° 20	0.840			4	45	5	80
N° 30	0.590			5	40	7	73
N° 40	0.426			4	36	4	69
N° 50	0.297			3	33	4	65
N° 80	0.177			11	22	17	48
N° 100	0.149			3	19	4	44
N° 200	0.074			2	17	5	39
- N° 200	-			17	-	39	-

Fuente: elaboración propia

Interpretación: se comprobó la distribución del tamaño de las partículas usando el

tamiz de 3/4" al N° 200, determinando los diversos diámetros de partículas, que son 4% y 4% grava, 2% y 5% arena, 17% y 39% finos de las C1-M1 y C1-M2 proporcionalmente

Tabla 2. Análisis Granulométrico Calicata 2

MALLAS		DENOMINACIÓN	0+500			
			C-2 M-1 (0.00 – 1.10)		C-2 M-2 (1.10 - 1.50)	
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)	RET (%)	PASA (%)
2"				100		
1 ½"			5	95		
1"			4	91		
3/4"	19.050		6	85		
1/2"	12.700		7	78		
3/8"	9.525		8	70		
1/4"	6.350		7	63		
N° 4	4.760		5	58		100
N° 6	3.360		2	56	5	95
N° 8	2.380		3	53	4	91
N° 10	2.000		2	51	4	87
N° 16	1.190		4	47	5	82
N° 20	0.840		5	42	6	76
N° 30	0.590		4	38	5	71
N° 40	0.426		3	35	4	67
N° 50	0.297		4	31	4	63
N° 80	0.177		12	19	18	45
N° 100	0.149		2	17	4	41
N° 200	0.074		2	15	5	36
- N° 200	-			15	-	36

Fuente: elaboración propia

Interpretación: se determinó la distribución de los tamaños de partículas de la mezcla usando las mallas desde 3/4" al N° 200, encontrando partículas compuesta por 5% y

5% grava, 2% y 5% arena, 15% y 36% finos de las C2-M1 y C2-M2.

Tabla 3. Análisis Granulométrico Calicata 3

MALLAS		DENOMINACIÓN	0+ 800				
			C-3 M-1 (0.00 – 1.00)		C-3 M-2 (1.00 - 1.50)		
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)	RET (%)	PASA (%)	
3"	76.200	MTC E-107 (2000)					
2 1/2"	63.500						
2"	50.800			100			
1 1/2"	38.100			3	97		
1"	25.400			5	92		
3/4"	19.050			7	85		
1/2"	12.700			8	77		
3/8"	9.525			6	71		
1/4"	6.350			8	63		
N° 4	4.760			6	57		
N° 6	3.360			3	54		
N° 8	2.380			4	50		
N° 10	2.000			5	45	100	
N° 16	1.190			2	5	5	95
N° 20	0.840			3	4	4	91
N° 30	0.590			3	5	5	86
N° 40	0.426			4	7	7	79
N° 50	0.297			3	4	4	75
N° 80	0.177			10	18	18	57
N° 100	0.149			2	5	5	52
N° 200	0.074			2	4	4	48
- N° 200	-			16		48	-

Fuente: elaboración propia

Interpretación: los datos muestran la distribución de los tamaños de partículas. Se Usó desde el tamiz de 3/4" al N° 200. Se obtuvo diferentes diámetros de partículas: 6% y 5% grava, 2% y 4% arena, 16% y 48% finos de las C3-M1 y C3-M2.

Los límites de consistencia son puntos de referencia que marcan las transiciones entre los diferentes estados de consistencia del suelo. Los más comunes en la práctica son: Límite Líquido, es el nivel de humedad del suelo cambia ser líquido a plástico. Este

límite indica el punto cuando el suelo comienza a exhibir características plásticas. Límite Plástico, corresponde al contenido porcentual de agua de agua cuando el suelo pasa de condición plástica a semisólido. Este punto refleja la capacidad del suelo para mantenerse deformable sin ser líquido. Límite de Contracción, este es el contenido de agua cuando el suelo pasa de la condición semisólida a sólido. Marca el punto en el que el suelo deja de contraerse con la pérdida de humedad. Estas diferentes clasificaciones sobre los límites sirven para comprender el comportamiento de los suelos bajo diversas condiciones de humedad, siendo fundamentales en campos como la geotecnia y la ingeniería civil.

Tabla 4 con los resultados del análisis granulométrico de las muestras tomadas C1-M1 y C1-M2, se procedió hallar contenido de humedad 2.1 – 3.5%, límite líquido 23 - 29, límite plástico 21 – 21, índice plástico 2 – 5 respectivamente

Tabla 4. Límites de consistencia calicata 1

ESTADOS DE CONSISTENCIA	NORMAS ENSAYO	0+250 L. DER.	
		C-1 M-1 (0.00 - 0.40)	C-1 M-2 (0.40 - 1.50)
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	NTP 339.127 (1999)	2.1	3.5
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)	NTP 339.129 (1999)	23	29
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)	NTP 339.129 (1999)	21	21
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	NTP 339.129 (1999)	2	8

Fuente: elaboración propia

Interpretación: según los resultados se tiene que C1 M2 su contenido de humedad aumenta en un 66% con relación a la C1 M1.

En la Tabla 5, según las muestras C2-M1 y C2-M2, se procedió obtener el contenido de humedad 3 – 3.9%, límite líquido 22 - 28, límite plástico 20 – 21, índice plástico 2 – 7.

Tabla 5. Límites de consistencia calicata 2

ESTADOS DE CONSISTENCIA	NORMAS ENSAYO	0+250 L.DER.	
		C-2 M-1 (0.00 - 0.40)	C-2 M-2 (0.40 - 1.50)
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	NTP 339.127 (1 999)	3	3.9
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)	NTP 339.129 (1 999)	22	28
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)	NTP 339.129 (1 999)	20	21
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	NTP 339.129 (1 999)	2	7

Fuente: elaboración propia

Interpretación: de acuerdo con los resultados se obtuvo que C2 M2 aumenta la humedad en un 30% con respecto a la C2 M1.

Tabla 6. De las muestras C3-M1 y C3-M2, se comprobó el contenido de humedad 2.5 – 3.2%, límite líquido 21 - 29, límite plástico 20 – 22, índice plástico 1 – 7.

Tabla 6. Límites de consistencia calicata 3

ESTADOS DE CONSISTENCIA	NORMAS ENSAYO	0+250 L.DER.	
		C-3 M-1 (0.00 - 0.40)	C-3 M-2 (0.40 - 1.50)
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	NTP 339.127 (1 999)	2.5	3.2
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)	NTP 339.129 (1 999)	21	29
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)	NTP 339.129 (1 999)	20	22
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	NTP 339.129 (1 999)	1	7

Fuente: elaboración propia

Interpretación: de acuerdo con el gráfico contenido se afirma que C3 M2 que el contenido de humedad aumenta en un 28% con respecto a la C3 M1.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), es un método diseñado para clasificar suelos, tanto minerales como orgánicos, con fines de ingeniería. Este sistema se basa en análisis de laboratorio que determinan características fundamentales del terreno tales como granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. Estos parámetros permiten hacer la clasificación del terreno de manera precisa facilitando su

estudio y uso en determinadas obras de ingeniería civil.

Tabla 7. Usando el sistema SUCS se hizo la clasificación del material muestreado. Se obtiene un suelo de grano grueso con arena $\geq 50\%$ de fracción gruesa que pasa el tamiz n.º 4; también con arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz n.º 200, esto es para una descripción de arena limosa y arena arcillosa.

Tabla 7. Clasificación de Suelos Calicata 1

DENOMINACIÓN	NORMAS ENSAYO	0 + 250 L. DER.	
		C-1 M1 (0.00-0.40)	C1 M-2 (0.40-1.50)
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	NTP 339.134 (1999)	SM	SC
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)	NTP 339.135 (1999)	A-1-b (0)	A-4 (0)

Fuente: elaboración propia

Interpretación: de acuerdo con los resultados se concluyó que las muestras corresponden a SM y SC. Se concluye que la C1 M1 es de condición no plástica con respecto a la C1 M2.

Tabla 8: analizando con el SUCS resultado el tipo de suelo SM y SC-SM de la calicata C2-M1 y C2-M2, es decir son arena limosa y arena arcillosa.

Tabla 8. Clasificación de Suelos Calicata 2

DENOMINACIÓN	NORMAS ENSAYO	0 + 250 L. DER.	
		C-2 M1 (0.00-0.40)	C2 M-2 (0.40-1.50)
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	NTP 339.134 (1999)	SM	SC-SM
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)	NTP 339.135 (1999)	A-1-b (0)	A-4 (0)

Fuente: elaboración propia

Interpretación: los valores de la tabla indican que la C2 M1 es de condición no plástica con respecto a la C2 M1.

Tabla 9; siguiendo la metodología (SUCS), se clasificaron los suelos de las calicatas C3-M1 y C3-M2 como GM y SC-SM. Estos son suelos tipo granular grueso. En el caso de GM, se caracterizó por tener menos del 50% de su fracción gruesa pasando por la malla número 4, además de contener más del 12% de finos que pasan por el tamiz número 200, lo que indica una composición de grava con características limosas. Por otro lado, el suelo SC-SM contiene más del 50% de su fracción gruesa que pasa por la malla número 4 y más del 12% de finos que pasan por el tamiz número 200, lo cual sugiere una composición de arena con una cantidad significativa de finos, característica de una arena limosa.

Tabla 9. Clasificación de Suelos Calicata 3

DENOMINACIÓN	NORMAS ENSAYO	0 + 250 L. DER.	
		C-3 M1 (0.00-0.40)	C3 M-2 (0.40-1.50)
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	NTP 339.134 (1 999)	GM	SC-SM
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)	NTP 339.135 (1 999)	A-1-b (0)	A-4 (1)

Fuente: elaboración propia

Interpretación de la tabla 9; de acuerdo con los resultados se concluyó que la C3 M2 es de condición no plástica con respecto a la C3 M1.

Primer objetivo específico: Determinar cómo afectará la adición de cobre y sílice en contenido de humedad de un suelo arcilloso. La humedad en los suelos cohesivos se refiere al contenido de agua presente en estos suelos. Estos suelos, caracterizados por una alta proporción de arcilla, se destacan por su cohesividad y su capacidad superior de retener agua en comparación con otros tipos de suelos. Las normativas técnicas suelen establecer rangos óptimos de humedad para determinar la seguridad de estructuras construidas sobre suelos cohesivos y también la estabilidad. Una humedad inadecuada en estos suelos puede complicar su manejo durante los procesos de construcción y la obra sería inestable.

Tabla 10. En la muestra de base C2-M2 como en las muestras modificadas se aplicó golpes de 10, 25 y 56. El contenido de contenido de agua, en g/cm³, a los 56 golpes, en 3 muestras diseñadas al 0%, 1.5%+5.5%, 2.5+5.5%, 3.5+5.5% y 4.5+5.5% con cobre y sílice. Los resultados son 7.2, 7.4, 7.4, 7.6 y 7.3%, respectivamente.

Tabla 10. Humedad

MOLDE N°	Suelo	Numero de golpes	Contenido de Humedad (%)
I	Natural	56	7.2
II		25	7.1
III		10	7.2
I	Cu 1.5% Si 5.5%	56	7.4
II		25	7.3
III		10	7.4
I	Cu 2.5% Si 5.5%	56	7.4
II		25	7.4
III		10	7.4
I	Cu 3.5% Si 5.5%	56	7.6
II		25	7.6
III		10	7.5
I	Cu 4.5% Si 5.5%	56	7.3
II		25	7.3
III		10	7.3

Fuente: elaboración propia

Interpretación: los valores de la tabla permiten decir que la muestra con 3.5% de cobre 5.5% de sílice a 56 golpes la humedad aumentó en un 5.56% con respecto al suelo natural.

Segundo objetivo específico: Examinar cómo ejercerá la adición de cobre y sílice en la máxima densidad seca de un suelo arcilloso.

La densidad seca máxima de un suelo cohesivo consiste en

La máxima cantidad de masa de suelo que se puede compactar en un cierto volumen determinado, cuando el suelo está completamente seco y no hay presencia de agua

en los poros e la densidad máxima seca. Esto se debe tener en cuenta cuando se va a establecer la geotecnia en los diferentes proyectos. Nos permite analizar la resistencia y estabilidad de las estructuras.

Tabla 11. Tomando como base C2-M2 y también las muestras modificadas se procedió al ensayo. Se obtuvo con 56 golpes las siguientes densidades secas: 2.026, 2.07, 2.076, 2.101 y 2.072 en g/cm³, respectivamente.

Tabla 11. Densidad Seca

MOLDE N°	Suelo	Número de golpes	Densidad seca (g/cm ³)
I	Natural	56	2.026
II		25	1.865
III		10	1.715
I	Cu 1.5% Si 5.5%	56	2.070
II		25	1.883
III		10	1.745
I	Cu 2.5% Si 5.5%	56	2.076
II		25	1.885
III		10	1.746
I	Cu 3.5% Si 5.5%	56	2.101
II		25	1.902
III		10	1.777
I	Cu 4.5% Si 5.5%	56	2.072
II		25	1.888
III		10	1.750

Fuente: elaboración propia

Interpretación: Los valores de mostrados permiten establecer decir que en el material con 3.5% de cobre 5.5% de sílice a 56 golpes densidad seca sobrepasó en un 2% con relación al material natural

Tercer objetivo específico: Estudiar cómo intervendrá la adición de cobre y sílice en la resistencia relativa de un suelo arcilloso.

La resistencia a la compresión de un suelo cohesivo es un parámetro importante para considerar en proyectos de ingeniería geotécnica, ya que puede influir en la estabilidad de las estructuras construidas sobre ese suelo, como cimentaciones de edificios o presas. También puede influir en la capacidad de un suelo para soportar cargas y evitar la deformación excesiva.

Tabla 12 en el suelo base C2-M2 con fecha de rotura 28 días por diseño al 0%, 1.5%+5.5%, 2.5+5.5%, 3.5+5.5% y 4.5+5.5% con cobre y sílice con 107, 125, 135, 155 y 107 de presión aplicada expresados en lb/pulg² se obtuvo una resistencia a la compresión expresados en Kg/cm² de 1.36, 1.59, 1.72, 1.97 y 1.36 respectivamente.

Tabla 12. Resistencia

MOLDE N°	Suelo	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
I	Cu 1.5% Si 5.5%	107	1.36
II		108	1.35
III		110	1.37
I	Cu 2.5% Si 5.5%	125	1.59
II		126	1.60
III		128	1.63
I	Cu 3.5% Si 5.5%	135	1.72
II		139	1.70
III		140	1.75
I	Cu 4.5% Si 5.5%	155	1.97
II		160	2.04
III		158	1.93

Fuente: elaboración propia

Interpretación: de acuerdo con los resultados la muestra con 4.5% de cobre y 5.5% de sílice tuvo a una carga de 126 Kg. Su valor de resistencia aumentó en un 50% con respecto al suelo natural.

Objetivo general: Determinar cómo afectará la adición de cobre y sílice al análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante.

Se trata de procesar el terreno para que mejore tanto en resistencia como en deformación, así nos evitamos fallas en las estructuras construidas sobre los suelos cohesivos

La dosificación de las muestras es al 0%, 1.5%+5.5%, 2.5+5.5%, 3.5+5.5% y 4.5+5.5% con cobre y sílice; estas deben ser curadas tres días. Son resultados que se realizó para la dosificación con el suelo natural, el CBR es de 6 % al 95% de MDS. El producto de humedad óptima fueron 7.17, 7.37, 7.4, 7.57 y 7.30%; densidad seca fueron 1.87,1.89, 1.90, 1.93 y 1.90 gr/cm³, resistencia a la compresión fueron 1.36, 1.61, 1.72, 1.98, y 1.36 Kg/cm² y el CBR fueron de 14, 22, 29, 46 y 38% al 95% de M.D.S., donde se aplicó en distintas dosificaciones realizados en los porcentajes indicados fueron mejores para aumentar la resistencia de la subrasante.

Tabla 13. En los suelos modificados con respecto al suelo base C2-M2 los logros en los valores de CBR tanto al 100% como al 95% más altos, siendo la dosificación de 3.5% de cobre más 5.5% de silicio. Se obtuvo 59.0% y 46%, que corresponde al suelo con mayor estabilidad.

Tabla 13.CBR AL 95%

Estabilizador	Tipo de calicata	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)
Natural	C2 – M2	19.5	14
Cu 1.5% Si 5.5%		31.3	22
Cu 2.5% Si 5.5%		35.5	29
Cu 3.5% Si 5.5%		59.0	46
Cu 4.5%		47.2	38

Si 5.5%			
---------	--	--	--

Fuente: elaboración propia

Interpretación: de acuerdo con los datos mostrados al 3.5% de cobre y 5.5% de sílice se obtuvo el valor de C.B.R. para el 100% de la M.D.S. y C.B.R. para el 95% de la M.D.S. Este aumentó en un 202.56% y 228.57 % con respecto al suelo natural.

V. DISCUSIÓN

Para el primer objetivo específico, se propuso determinar cómo afectará la adición de cobre y sílice en contenido de humedad de un suelo arcilloso, Canta 2023, basado en ello, evaluó la utilización de subproductos industriales de escoria de cobre y granallado molido, escoria de horno (GGBS) como agente estabilizador en suelos expansivos con propiedades de alta hinchazón que causan daños graves, concepción de Kavisri, et al.(2018), quienes señalaron que el suelo es un material complejo, heterogéneo, incontrolable y que tiene propiedades muy variables que no sólo difieren de un lugar a otro sino también según su profundidad. Sus propiedades, como la capacidad de carga, el límite de contracción, la porosidad, la densidad aparente, el grado de saturación, el límite plástico, el contenido de agua, etc., son algunas de las principales propiedades que afectan la construcción del edificio. La escoria de cobre (CS) y el material GGBS también se utilizan para la estabilización del suelo. El polvo de vidrio es también el material de desecho que se utiliza para mejorar la estabilización del suelo. En la implicancia del presente estudio la humedad máxima seca en g/cm³ en 3 muestras por diseño al 0%, 1.5%+5.5%, 2.5+5.5%, 3.5+5.5% y 4.5+5.5% con cobre y sílice con 56 golpes se obtuvo 7.2, 7.4, 7.4, 7.6 y 7.3, respectivamente. Los obtenidos en esta investigación son coincidentes con lo obtenido por Kavisri, et al.(2018), quienes obtuvieron los resultados a partir de tres fracciones diferentes, 10%, 20%, 30% de la escoria de cobre y GGBS, el resultado muestra que 70% de suelo arcilloso y 30% de escoria de cobre y GGBS son los compatibles, se observa que la proporción de mezcla del 30% tiene menor contenido de humedad y alta densidad seca, el CBR de la muestra de Suelo Arcilloso con escoria de cobre del 30 % mostró buenos resultados en comparación con todos, el límite de Atterberg de suelo arcilloso uso de escoria granulada de alto horno molida como estabilizador con la proporción de mezcla del 10 % mostró buenos resultados que el 20 % y el 30 % mostrado. Con los autores señalados en la presente investigación se evidenció que el usar cobre y sílice el diseño al 3.5+5.5% alcanzan el menor valor de humedad logrando una buena estabilidad.

Para el segundo objetivo específico se ejecutó examinar cómo ejercerá la adición de cobre y sílice en la máxima densidad seca de un suelo arcilloso.

Para esto se evaluó varias modalidades de hidróxido de sodio como activador alcalino y diferentes combinaciones de CS-RGP para evaluar el comportamiento mecánico y microestructural del suelo arcilloso estabilizado de baja plasticidad. Se realizaron pruebas en ensayos mediante estabilización mecánica y química para mejorar el rendimiento mecánico del suelo, Arash et al. (2023), quienes señalaron que las composiciones químicas del CS y del polvo de vidrio reciclado (RGP) se determinaron primero mediante análisis de fluorescencia de rayos X (XRF). Luego, se mezclaron diferentes combinaciones de CS y RGP con varias molaridades de NaOH como solución alcalina para evaluar las propiedades mecánicas del suelo arcilloso, tales como Límites de Atterberg, destino máximo seco (MDD), contenido óptimo de humedad (OMC) y California, relación de rodamiento (CBR). En los logros obtenidos en la Tabla 11 se verificó los contenidos de densidad seca expresados en g/cm³ en 3 muestras por diseño al 0%, 1.5%+5.5%, 2.5+5.5%, 3.5+5.5% y 4.5+5.5% con cobre y sílice con 56 golpes se obtuvo 2.026, 2.07, 2.076, 2.101 y 2.072, respectivamente. Los efectos de la presente investigación coinciden con el de Arash et al. (2023), que obtuvo valores a partir del resultado que al aplicar CS al 5% con un activador alcalino fijo, el UCS a los 56 días de curado y el CBR a los 7 días de curado aumentaron 3.11 y 1.68 veces, respectivamente, mientras que estos valores fueron 4.03 y 1.90 veces, respectivamente, al aplicar 5% RGP, al aumentar la concentración de NaOH (de 1 M a 5 M), la OMC disminuyó notablemente (alrededor del 5%) mientras que la MDD aumentó de 1,68 a 1,76 gm/cm³, la inclusión de RGP y CS disminuyó los límites de Atterberg, la reducción en LL fue más notable que la de PL y PI, en la concentración fija de NaOH, la UCS del N5C0R5 a los 28 días de curado fue un 30,4% mayor que la del N5C5R0, el CBR de las muestras tratadas con RGP fue alrededor de un 10% mayor que el de las estabilizadas con CS. Los estudios en la presente investigación se evidencian que el usar cobre y sílice el diseño al 3.5+5.5% alcanza el máximo valor en la densidad máxima para obtener una buena resistencia portante y ser estable el suelo.

Para el tercer objetivo específico, se propuso estudiar cómo intervendrá la adición de cobre y sílice en la resistencia relativa de un suelo arcilloso, basado en ello, se demostró que el cobre es altamente permeable en la capa de pavimento con la baja

compresibilidad, se usó escoria de cobre al 1, 2 y 3%, Gobinath, et al. (2021), quienes señalaron que el tratamiento de la combinación de subproductos con material de suelo arcilloso resulta más viable al aumentar la relación de soporte en un 90% en condiciones empapadas, lo que muestra claramente que el tratamiento del suelo con material de sílice tiene un gran impacto en el tratamiento de suelos mal clasificados. Los valores de CBR también brindan una manera para el uso de materiales arcillosos tratados en la construcción de subbases de pavimentos de carreteras y también brindan una mejor mejora de la resistencia. Y el modelado con herramientas de elementos finitos muestra el desplazamiento del suelo tratado cuando se coloca la zapata sobre la muestra en condiciones de campo. Con lo obtenido en esta investigación de la resistencia expresados en kg/cm³ en 3 muestras con fecha de rotura 28 días por diseño al 0%, 1.5%+5.5%, 2.5+5.5%, 3.5+5.5% y 4.5+5.5% con cobre y sílice con 107, 125, 135, 155 y 107 de presión aplicada expresados en lb/pulg² se obtuvo una resistencia a la compresión de 1.36, 1.59, 1.72, 1.97 y 1.36 respectivamente. Los resultados de la presente investigación coinciden con el de Gobinath, et al. (2021). Se notó que en el material de control se encontró en 2.862 g/cm³, el suelo estabilizado con 1% de escoria de cobre se encontró alrededor de 2.160 g/cm³, el suelo estabilizado con 2% de escoria de cobre se obtuvo alrededor de 2.280 g/cm³ y luego el suelo también estabilizado con escoria de cobre al 3% se encontraron alrededor de 2.484 g/cm³, el cambio en los valores de la OMC y MDD. Los estudios de otros autores en la presente investigación se logra que el usar cobre y sílice el diseño al 3.5+5.5% se alcanza el mayor valor en la resistencia a la compresión determinando una mejor calidad y la estabilidad,

Para lograr el objetivo general: determinar cómo afectará la adición de cobre y sílice al análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante, basado en ello, se investigó el efecto de diferentes cantidades de nanosílice sobre el comportamiento de erosión de contacto de suelos dispersivos durante diferentes períodos de curado de 1, 7, 14 y 28 días, concepción de Hossein et al., (2020), quienes señalaron que el en terraplenes de pavimento que contienen arcillas dispersivas, la estabilización química puede considerarse como una solución para superar la falla por erosión de

contacto y reducir la dispersividad del suelo. Se han realizado muchos estudios sobre el tratamiento de suelos dispersivos utilizando estabilizadores químicos. Se ha informado que el uso de nanosílice puede lograr una transcendencia en la mejorar la calidad de las propiedades geomecánicas del suelo. En los resultados plasmados en el presente las muestras curadas a 3 días al 0%, 1.5%+5.5%, 2.5+5.5%, 3.5+5.5% y 4.5+5.5% con cobre y sílice son los porcentajes que se consideraron para poder realizar las diversas muestras con el suelo natural, el CBR es de 6 % al 95% de MDS. Para la humedad óptima se obtuvo 7.17, 7.37, 7.4, 7.57 y 7.30%; densidad seca fueron 1.87, 1.89, 1.90, 1.93 y 1.90 gr/cm³, resistencia a la compresión fueron 1.36, 1.61, 1.72, 1.98, y 1.36 Kg/cm² y el CBR fueron de 14, 22, 29, 46 y 38% al 95% de M.D.S. Lo obtenido en esta investigación coinciden con Hossein et al., (2020), aplicando pruebas como de hidrómetro doble, agujero de alfiler, límites de consistencia, microscopio electrónico de barrido y espectros infrarrojos en el suelo dispersivo y muestras de suelo estabilizado con nanosílice, en dos tipos de suelos de grano grueso y fino. Se observó que a medida que el tiempo de curado aumentó de 1 a 28 días en una muestra que contenía 1% de nanosílice, el potencial de dispersividad se redujo significativamente en aproximadamente un 38% y el UCS de las muestras tratadas con nanosílice al 1% después de 1 y 28 días de curación aumentó en 1,34 y 3,25 veces, respectivamente. Los diversos hallazgos con la presente investigación se logró que el usar cobre y sílice el diseño al 3.5+5.5% se alcanza el mayor valor de CBR al 100% logrando un mejor suelo estable.

VI. CONCLUSIONES

Se logro determinar cómo afectará la adición de cobre y sílice al análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante, así mismo evidencian que el usar cobre y sílice el diseño al 3.5+5.5% y 4.5+5.5% alcanza el máximo valor de CBR al 95% con lo que se mejora la subrasante.

Se pudo determinar cómo afectará adicionar cobre y sílice En el contenido de humedad de un suelo arcilloso, por lo tanto, se logró que el aplicar el cobre y sílice el diseño al 3.5+5.5% se alcanza el mayor valor en la humedad máxima para una buena capacidad de carga y estabilidad estructural.

Se pudo examinar cómo ejercerá adicionar cobre y sílice en la máxima densidad seca de un material arcilloso. También se logró que el usar cobre y sílice el diseño al 3.5+5.5% alcanza el mayor valor en la densidad máxima en la capacidad portante y estabilidad estructural.

Se evidenció que al agregar cobre y sílice al 3.5+5.5% se alcanza el mayor valor en la resistencia de un suelo cohesivo.

VII. RECOMENDACIONES

Observar las normas aplicables a las investigaciones de mecánica de suelos.

Realizar un estudio utilizando diferentes tipos de suelo presentes en el campo y en diferentes proporciones según los parámetros regulatorios permisibles.

Proporcionamos los datos obtenidos para permitir que organizaciones públicas y privadas practiquen el potencial de la estabilización de suelos.

La dependencia de la proporción de cobre y sílice se determinó mediante una prueba límite de Atterberg, en la que se utilizó Cobre y sílice para reducir el índice de plasticidad. Los resultados muestran que el impacto está relacionado con el porcentaje propuesto. Esto da una buena performance relacionado con el límite de Atterberg.

REFERENCIAS

- AGUILAR, M. y ROSAS, G. Facile synthesis of Cu₂O particles with different morphologies, *Journal of Solid State Chemistry. Sciences* [en línea]. Enero 2019. ISSN 0022-4596. [fecha de consulta: 30 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2018.11.019>.
- BAKSHIZADEH, Amin, Khayat, Navid y Horpibulsuk, Suksun. Surface stabilization of clay using sodium alginate, *Case Studies in Construction Materials*. Elsevier [en línea]. Marzo 2022. ISSN: 2214-5095. [fecha de consulta: 26 de agosto 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01006>.
- BUAZAR, Foad. Impact of Biocompatible Nanosilica on Green Stabilization of Subgrade Soil. *Scientific Reports. Sciences* [en línea]. Abril 2019. ISSN 20452322. [fecha de consulta: 24 de agosto 2023]. Disponible en: DOI 10.1038/s41598-019-51663-2.
- BUENO, Jesús, TORRE y Homaly. Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar. Independencia-Huaraz, 2019.
- CHEN, Shufeng, NI, Pengfei, SUN, Zhao y YUAN, Kekuo. Propiedades geotécnicas y mecanismo de estabilización de loess estabilizados con nano-MgO. Elsevier [en línea]. Enero 2023. [fecha de consulta: 28 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su15054344>.
- DAVE, T. y SIDDIQUI, A. Use of Polypropylene Fibres for Cohesive Soil Stabilization. En: AMIT Prashant, AJANTA Sachan & CHANDRAKANT S. *Advances in Computer Methods and Geomechanics Desai, IACMAG Symposium*, 2019. Elsevier [en línea]. Febrero 2020. ISBN: 978-981-15-0889-9.
- GALLARDO, E. Metodología de la investigación. Huancayo: Universidad Continental, 2017.
- GHAVAMI, Sadegh, NASERI, Hamed, JAHANBAKHS, Hamid y NEJAD Fereidoon. The impacts of nano-SiO₂ and silica fume on cement kiln dust treated soil as a sustainable cement-free stabilizer, *Construction and Building Materials*. Elsevier [en línea]. Mayo 2021. ISSN 0950-0618. [fecha de consulta: 26 de agosto 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122918>.

GHOSH, Aditya, ROY, Abhishek y ROY, Tapash. Performance evaluation of nanomaterial stabilized pond ash as subbase layer material for roadway pavement, *Materials Today: Proceedings. Sciences* [en línea]. Junio 2023. ISSN 2214-7853, [fecha de consulta: 22 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.710>.

GOBINATH, R., AKINWUMI, Isaac, GANAPATHY, G. y MITHUNA, R. Compaction and shear strength enhancement of weak soil by copper slag addition, *Materials Today: Proceedings. Sciences* [en línea]. Febrero 2021. ISSN 2214-7853. [fecha de consulta: 30 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.092>.

GOÑAS, Olger. Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada, Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2019.

HOSSEIN, Amir [et al.]. Contact erosional behaviour of foundation of pavement embankment constructed with nanosilica-treated dispersive soils, *Soils and Foundations. Elsevier* [en línea]. Enero 2020. ISSN 0038-0806. [fecha de consulta: 28 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2020.02.001>.

HUSSEIN, Karim, MAKKI, Al-Recaby y MAHA, Nsaif. Stabilization of soft clayey soils with sawdust ashes. *MATEC Web of Conferences. Elsevier* [en línea]. Julio 2018. [fecha de consulta: 20 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201816201006>.

IKEAGWUANI, Christopher y NWONU, Donald. Emerging trends in expansive soil stabilisation: A review, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. Elsevier* [en línea]. Agosto 2019. ISSN 1674-7755. [fecha de consulta: 19 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2018.08.013>.

JUAREZ, Eulalio. *Mecánica de suelos*. México: Limusa, 2016.

JIJO, J. Strength benefit of sawdust/wood ash amendment in cement stabilization of an expansive soil. Boyacá: Facultad de Ingeniería. ISSN: 2357-5328, 2018.

KUMAR, Kiran y KUMAR, Praveen. Soil stabilization using E-waste: A retrospective analysis, *Materials Today: Proceedings. Sciences* [en línea]. Setiembre 2020. ISSN 2214-7853. [fecha de consulta: 16 de agosto 2023]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.09.145>.

KULKARNI, Prasanna y MANDAL, Jnanendra. Performance Assessment of Stabilized Soil with Fly Ash- Nano Material Mixes. *Journal of Geotechnical and Transportation Engineering*, 2017.

LI, Na [et al.]. Características de compresión y mecanismo microscópico del suelo costero modificado con cemento y cenizas volantes, *Materiales*. Elsevier [en línea]. Febrero 2019. [fecha de consulta: 30 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma12193182>.

LIU, Yuyi [et al.]. Stabilization of expansive soil using cementing material from rice husk ash and calcium carbide residue, *Construction and Building Materials*. Elsevier [en línea]. Marzo 2019. ISSN 0950-0618. [fecha de consulta: 28 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.157>.

LOPEZ, Gabriel y ATAUCURI, Juan. Review of methodologies for the synthesis of copper (NPsCU) and silver (NPsAG) nanoparticles with different shapes and sizes. *Revista TECNIA*, 2017.

LU, Zheng, ZHAO, Yang, XIAN, Shaohua y YAO, Hailin. "Estudio experimental sobre el módulo dinámico resistente del suelo expansivo tratado con cal", *Avances en ciencia e ingeniería de materiales*. Elsevier [en línea]. Octubre 2020. ID de artículo 3272681, pp. 1-10. [fecha de consulta: 16 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/3272681>.

MALLIK, Manab [et al.]. Synthesis and characterization of Cu₂O nanoparticles, *Journal of Alloys and Compounds*. Elsevier [en línea]. Abril 2020. ISSN 0925-8388. [fecha de consulta: 22 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.154623>.

MARIK, Supriya, RANSINCHUNG, R., SINGH, Aditya y KHOT, Prathmesh. Investigation on use of silica based additive for sustainable subgrade construction, *Case Studies in Construction Materials*. Sciences [en línea]. Noviembre 2022. ISSN 2214-5095. [fecha de consulta: 14 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01229>.

NIYOMUKIZA, J. [et al.]. Use of waste glass powder in improving the properties of expansive clay soils. *Global NEST Journal*. Elsevier [en línea]. Mayo 2023. [fecha de

consulta: 26 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.30955/gnj.004549>.

OSPINA, Miguel, CHAVES, Saieth y JIMENEZ, Luis. Improvement of clayey subgrades through the addition of steel waste. *Rev.investig.desarro.innov.* Vol.11 (1), pp. 185-196, 2020.

PRASANNA P. y MANDAL, J. Strength evaluation of soil stabilized with nano silica-cement mixes as road construction material, *Construction and Building Materials.* Elsevier [en línea]. Enero 2022. ISSN 0950-0618. [fecha de consulta: 12 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125363>.

PARRA, M. Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante, Bogotá D.C: Universidad Católica de Colombia, 2018.

PU, Shaoyun, ZHU, Zhiduo y HUO, Wangwen. Evaluation of engineering properties and environmental effect of recycled gypsum stabilized soil in geotechnical engineering: A comprehensive review, *Resources, Conservation and Recycling. Sciences* [en línea]. Febrero 2021. ISSN 0921-3449. [fecha de consulta: 10 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105780>.

QIN-YONG, Ma, ZI-MING, Cao y PU, Yuan. "Investigación experimental sobre microestructura y propiedades físico-mecánicas del suelo expansivo estabilizado con cenizas volantes, arena y fibra de basalto", *Avances en ciencia e ingeniería de materiales.* Elsevier [en línea]. Febrero 2018. ID de artículo 9125127, 13 páginas, 2018. [fecha de consulta: 08 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2018/9125127>.

RAJAKUMAR, C., JEYAPRIYA, S. y MEENAMBAL, T. Characterization and effective utilization of coal ash with geosynthetics in pavement subgrade. *Indian Journal of Environmental Protection.* Elsevier [en línea]. Marzo 2018. [fecha de consulta: 04 de agosto 2023]. Disponible en: <http://ijep.co.in/uploads/journals/15210431621433.pdf>.

RADHAKRISHNAN, G. y ANJAN, M. Estudio modelo sobre las respuestas de carga cíclica del sistema de pavimento flexible establecido en el subrasante expansivo. En T. T., *Técnicas de mejora de suelos y geosintéticos. Notas de la conferencia en Ingeniería Civil.* Singapur: Springer, 2019.

REDDY, Santosh, AKULA, Pavan, KIM, Rak, LITTLE, Dallas y RUSHING, Jhon. Cyclic strain sweep testing-analysis to evaluate the mechanical characteristics of stabilized

soils, Transportation Geotechnics. Sciences [en línea]. Marzo 2023. ISSN 2214-3912. [fecha de consulta: 24 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.100944>.

ROSHAN, Jawed [et al.]. Improved methods to prevent railway embankment failure and subgrade degradation: A review, Transportation Geotechnics. Sciences [en línea]. Abril 2022. ISSN 2214-3912. [fecha de consulta: 02 de agosto 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2022.100834>.

SOLTANI, Amin [et al.]. Improved Shear Strength Performance of Compacted Rubberized Clays Treated with Sodium Alginate Biopolymer, Polymers. Elsevier [en línea]. Junio 2021. [fecha de consulta: 24 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym13050764>.

SINAN, H. The use of lime sludge for soil stabilization. Ames – United State: Iowa state university, 2017.

WANG, Xiushan, QI, Shunxin, DONG, Bowen, CHEN, Keyu, WANG, Mingjie y XU, Jingyi. Research and Application of Slag–Nanosilica Stabilizer for Silt Subgrade. Appl. Sci. Elsevier [en línea]. Febrero 2021. [fecha de consulta: 30 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app11178014ITA>.

WANG, Shengnian, ZHANG, Xingjin, ZHANG, Peng y CHEN, Zewei. Strength Performance and Stabilization Mechanism of Fine Sandy Soils Stabilized with Cement and Metakaolin. Sustainability. Sciences [en línea]. Marzo 2023. [fecha de consulta: 28 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su15043431>.

WANG, Fangtong, LI, Kaiqi y LIU, Yong. Optimal water-cement ratio of cement-stabilized soil, Construction and Building Materials. Sciences [en línea]. Abril 2022. ISSN 0950-0618. [fecha de consulta: 26 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126211>.

YAO, Kai [et al.]. Effect of nano-MgO on mechanical performance of cement stabilized silty clay, Marine Georesources & Geotechnology. Elsevier [en línea]. Julio 2019. [fecha de consulta: 28 de agosto 2023]. Disponible en: DOI: 10.1080/1064119X.2018.1564406.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variable

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN						
“Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación km 1, Canta 2023”						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable (I) Cobre y Sílice	<p>El cobre es un metal de color rojizo, muy buen conductor de electricidad y calor. Es un elemento químico muy abundante en la naturaleza y se encuentra tanto en minerales como en el suelo y el agua. Algunas de las propiedades del cobre son: conductividad, maleabilidad, ductilidad, resistencia a la corrosión y antibacteriano.</p> <p>Sílice es un compuesto químico compuesto por átomos de silicio y oxígeno. Se presenta en forma de dióxido de silicio (SiO₂) y es uno de los minerales más abundantes en la corteza terrestre. Algunas propiedades son solidez, temperatura de fusión alta, insolubilidad y conductividad térmica baja. Se utiliza en la fabricación de concretos especiales y en la producción de morteros para mejorar su resistencia y durabilidad (Abraham, 2018).</p>	Será aplicado en polvo al suelo arcilloso en 4 diferentes dosificaciones, las cuales son: 1.5%, 2.5% 3.5% y 4.5% de cobre y 5.5% de sílice constante.	Dosificación	cobre 1.5%, 2.5%, 3.5%, 4.5%	Balanza digital con precisión de 0.1 gr.	Razón
				sílice 5.5%		
Variable (D) Suelo arcilloso	<p>Los suelos arcillosos están conformados por minerales activos y no activos. En el primer grupo se encuentra la montmorillonita en mayor proporción y la clorita y vermiculita en menor proporción. En el segundo grupo están las caolinitas y las ilitas, quienes tienen propiedades expansivas en los suelos cuando están en gran proporción. La trabajabilidad, resistencia y permeabilidad del suelo de grano fino podrían estimarse adecuadamente controlando la plasticidad del suelo, por lo tanto, el índice de plasticidad de las muestras se evalúa mediante la determinación de los límites de Atterberg (Kavisri, Senthilkumar, Gurukumar, & Pushparaj, 2018).</p>	Para determinar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos se realizará el ensayo de CBR y Proctor.	Propiedades mecánicas	Contenido de Humedad	Proctor	Razón
				Densidad Seca		
				Resistencia Relativa	CBR ASTM D1883	

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación km 1, Canta 2023, Lima 2023”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
Problema General:	Objetivo General:	Hipótesis General:	VARIABLE (I) cobre y sílice			<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Población: Av. Circunvalación km 1</p> <p>Muestra: 3 calicatas</p> <p>Instrumentos: Formato de recolección de datos</p>
¿Cómo afecta la adición de cobre y sílice al análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante, Canta 2023?	Determinar cómo afectará la adición de cobre y sílice al análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante, Canta 2023.	La adición de cobre y sílice es favorable al análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante, Canta 2023	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
			Dosificación	cobre 1.5%, 2.5%, 3.5%, 4.5% sílice 5.5%	Balanza digital con precisión de 0.1 gr.	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	VARIABLE (D) Suelo Cohesivo			
¿Cómo influye la adición de cobre y sílice en el contenido de humedad de un suelo arcilloso, Canta 2023?	Determinar cómo afectará la adición de cobre y sílice en contenido de humedad de un suelo arcilloso, Canta 2023.	La adición de cobre y sílice fue favorable para el contenido de humedad de un suelo arcilloso, Canta 2023.	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
			Propiedades Mecánicas	Contenido de humedad	Proctor	
Densidad Seca						
Resistencia Relativa	CBR ASTM D1883					
¿Cómo interviene la adición de cobre y sílice en la máxima densidad seca de un su suelo arcilloso, Canta 2023?	Estudiar como ejercerá la adición de cobre y sílice en la máxima densidad seca de un suelo arcilloso, Canta 2023	La adición de cobre y sílice fue favorable en la máxima densidad seca en un suelo arcilloso fue favorable, Canta 2023				
¿Cómo ejerce la adición de cobre y sílice en la resistencia relativa de un suelo arcilloso, Canta 2023?	Examinar como intervendrá la adición de cobre y sílice en la resistencia relativa de un suelo arcilloso, Canta 2023.	La adición de cobre y sílice fue favorable en la resistencia relativa de un suelo arcilloso fue favorable, Canta 2023.				

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES EN SPSS

Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación km 1, Canta 2023, Lima 2023

En el contexto de este estudio, se realizó un test de normalidad. Esta evaluación es esencial para determinar si los datos obtenidos siguen una distribución normal. Este factor es crucial, dado que afecta directamente la elección de las técnicas estadísticas más pertinentes para un análisis exhaustivo de los datos.

Hipótesis 01: La adición de cobre y sílice fue favorable para el contenido de humedad de un suelo arcilloso, Canta 2023.

Prueba de normalidad de la variable: Propiedades en el óptimo contenido de humedad con cobre y sílice.

Planteamiento de Normalidad: Hipótesis Nula (H_0) y Alterna (H_1)

H_0 : Datos de la variable propiedades mecánicas en el óptimo contenido de humedad con cobre y sílice tiene normalidad.

H_1 : Datos de la variable propiedades mecánicas en el óptimo contenido de humedad con cobre y sílice tiene normalidad no tiene normalidad.

1. Nivel de significancia: $\alpha=0.05$ (5%)
2. Elección de la Prueba estadística: si $n>50$ (Kolmogorov- Smirnov), si $n<50$ (Shapiro-Wilk), para este caso $n=5$ muestras por lo que se utiliza Shapiro Wilk.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COBRE_SILICE	,136	5	,200 [*]	,989	5	,976
OCH	,246	5	,200 [*]	,956	5	,777

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

3. Regla de decisión:
 $p \leq 0.05$ (se rechaza la hipótesis nula), para este caso $0.777 > 0.05$; por lo tanto; se acepta la H_0 .
4. Conclusión: Los datos de la variable propiedades mecánicas en el óptimo contenido de humedad con cobre y sílice tiene normalidad con un nivel de significancia de 5%. Se usará luego la Correlación de Pearson.

Correlación “r” de Pearson:

1. Planteamiento del problema:

H_0 : La variable propiedades mecánicas en el óptimo contenido de humedad NO está relacionada con la adición con cobre y sílice.

H_1 : La variable propiedades mecánicas en el óptimo contenido de humedad SI está relacionada con la adición cobre y sílice.

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

Elección de la Prueba estadística: $n = 5$ muestras (Correlación “r” de Pearson)

Correlaciones

		COBRE_SILICE	OCH
COBRE_SILICE	Correlación de Pearson	1	,473
	Sig. (bilateral)		,421
	N	5	5
OCH	Correlación de Pearson	,473	1
	Sig. (bilateral)	,421	
	N	5	5

2. Regla de decisión:

Si $p > \alpha$, entonces se acepta H_0 , caso contrario el H_1 .

Por lo que $0.421 > 0.05$, se acepta la H_0 .

Conclusión: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas en el óptimo contenido de humedad seca NO está relacionada de manera directa con la adición con cobre y sílice. ($r = 0.473$).

Hipótesis 02: La adición de cobre y sílice fue favorable en la máxima densidad seca en un suelo arcilloso fue favorable, Canta 2023.

Prueba de normalidad de la variable: Propiedades en la máxima densidad seca con cobre y sílice.

Planteamiento de Normalidad: Hipótesis Nula (H_0) y Alternativa (H_1)

H_0 : Datos de la variable propiedades mecánicas a máxima densidad seca con cobre y sílice tiene normalidad.

H_1 : Datos de la variable propiedades mecánicas a máxima densidad seca con cobre y sílice tiene normalidad no tiene normalidad.

1. Nivel de significancia: $\alpha=0.05$ (5%)
2. Elección de la Prueba estadística: si $n>50$ (Kolmogorov- Smirnov), si $n<50$ (Shapiro-Wilk), para este caso $n=5$ muestras por lo que se utiliza Shapiro Wilk.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COBRE_SILICE	,136	5	,200 [*]	,989	5	,976
MDS	,315	5	,118	,897	5	,396

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

3. Regla de decisión:

$p \leq 0.05$ (se rechaza la hipótesis nula), para este caso $0.396 > 0.05$; por lo tanto; se acepta la H_0 .

4. Conclusión: Los datos de la variable propiedades mecánicas a máxima densidad seca con cobre y sílice tiene normalidad con un nivel de significancia de 5%. Enseguida se usará la Correlación de Pearson.

Correlación “r” de Pearson:

1. Planteamiento del problema:

H_0 : La variable propiedades mecánicas a máxima densidad seca NO está relacionada con la adición con cobre y sílice.

H_1 : La variable propiedades mecánicas a máxima densidad seca SI está relacionada con la adición con cobre y sílice.

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

Elección de la Prueba estadística: $n=5$ muestras (Correlación "r" de Pearson).

Correlaciones			
		COBRE_SILICE	MDS
COBRE_SILICE	Correlación de Pearson	1	,764
	Sig. (bilateral)		,133
	N	5	5
MDS	Correlación de Pearson	,764	1
	Sig. (bilateral)	,133	
	N	5	5

2. Regla de decisión:

Si $p > \alpha$, entonces se acepta H_0 , caso contrario el H_1 .

Por lo que $0.133 > 0.05$, se acepta la H_0 .

Conclusión: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas a máxima densidad seca no está relacionada de manera directa con la adición con cobre y sílice. ($r = 0.764$).

Hipótesis 03: La adición de cobre y sílice fue favorable en la resistencia relativa de un suelo arcilloso fue favorable, Canta 2023.

Prueba de normalidad de la variable: Propiedades en la resistencia relativa con cobre y sílice.

Planteamiento de Normalidad: Hipótesis Nula (H_0) y Alterna (H_1)

H_0 : Datos de la variable propiedades mecánicas en la resistencia relativa con cobre y sílice tiene normalidad.

H₁: Datos de la variable propiedades mecánicas en la resistencia relativa con cobre y sílice tiene normalidad no tiene normalidad.

1. Nivel de significancia: $\alpha=0.05$ (5%)
2. Elección de la Prueba estadística: si $n>50$ (Kolmogorov- Smirnov), si $n<50$ (Shapiro-Wilk), para este caso $n=5$ muestras por lo que se utiliza Shapiro Wilk.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COBRE_SILICE	,136	5	,200 [*]	,989	5	,976
CBR	,141	5	,200 [*]	,986	5	,962

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

3. Regla de decisión:
 $p \leq 0.05$ (se rechaza la hipótesis nula), para este caso $0.962 > 0.05$; por lo tanto; se acepta la H₀.
4. Conclusión: Los datos de la variable propiedades mecánicas en la resistencia relativa con cobre y sílice tiene normalidad con un nivel de significancia de 5%.luego usamos la Correlación de Pearson.

Correlación “r” de Pearson:

3. Planteamiento del problema:

H₀: La variable propiedades mecánicas en la resistencia relativa NO está relacionada con la adición con cobre y sílice.

H₁: La variable propiedades mecánicas en la resistencia relativa SI está relacionada con la adición con cobre y sílice.

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

Elección de la Prueba estadística: $n=5$ muestras (Correlación “r” de Pearson

Correlaciones

		COBRE_SILICE	CBR
COBRE_SILICE	Correlación de Pearson	1	,904*
	Sig. (bilateral)		,035
	N	5	5
CBR	Correlación de Pearson	,904*	1
	Sig. (bilateral)	,035	
	N	5	5

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

4. Regla de decisión:

Si $p > \alpha$, entonces se acepta H_0 , caso contrario el H_1 .

Por lo que $0.035 > 0.05$, se acepta la H_1 .

Conclusión: Existe evidencia estadística de que la variable propiedades mecánicas en la resistencia relativa no está relacionada de manera directa con la adición con cobre y sílice. ($r = 0.904$).

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, D 1557)

Solicita nte : Ubicación :
 Proyecto : Descripción :
 Estudio : Estrato :
 Fecha : Profundidad :

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
---------------	------------------	--------------------------	--------------------	----------------------	---------------	-----------------------------------

3"						PESOS (gr) Peso seco inicial Peso seco lavado Pérdida por lavado
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						ENSAYOS ESTÁNDAR Límite Líquido Límite Plástico Índice de Plasticidad Clasificación SUCS Contenido de humedad Mínima Densidad (gr./cm ³) Peso Específico de los sólidos Máxima Densidad Seca (gr./cm ³) Humedad Óptima
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
1/4"						
Nº 4						
Nº 8						
Nº 10						
Nº 16						
Nº 20						
Nº 30						
Nº 40						
Nº 50						
Nº 60						
Nº 80						
Nº 100						
Nº 200						
Fondo						
Lavado						
Pasa Tamiz Nº 200						

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	
NOMBRE Y APELLIDOS	FIRMA/CIP
EXPERTO 1: Luis Humberto Mejía Muñoz REG. CIP 119835	 LUIS HUMBERTO MEJÍA MUÑOZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 119835
EXPERTO 2: Jasson Cesar Quispe Rojas REG. CIP 41412704	 Jasson Cesar Quispe Rojas INGENIERO CIVIL CIP Nº 41412704
EXPERTO 3: José Santiago Apac Jesús REG. CIP 268937	 José Santiago Apac Jesús INGENIERO CIVIL CIP Nº 268937

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	
NOMBRE S Y APELLIDOS	FIRMA/CIP
EXPERTO 1: <p style="text-align: center;">Luis Humberto Mejía Muñoz REG. CIP 119835</p>	 <p style="text-align: center;">LUIS HUMBERTO MEJIA MUÑOZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 119835</p>
EXPERTO 2: <p style="text-align: center;">Jasson Cesar Quispe Rojas REG. CIP 41412704</p>	 <p style="text-align: center;">Jasson Cesar Quispe Rojas INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 41412704</p>
EXPERTO 3: <p style="text-align: center;">José Santiago Apac Jesús REG. CIP 268937</p>	 <p style="text-align: center;">José Santiago Apac Jesús INGENIERO CIVIL CIP. N° 268937</p>

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

NOMBRE S Y APELLIDOS	FIRMA/CIP
EXPERTO 1: Luis Humberto Mejía Muñoz REG. CIP 119835	 LUIS HUMBERTO MEJIA MUÑOZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 119835
EXPERTO 2: Jasson Cesar Quispe Rojas REG. CIP 41412704	 Jasson Cesar Quispe Rojas INGENIERO CIVIL REG. CIP 41412704
EXPERTO 3: José Santiago Apac Jesús REG. CIP 268937	 José Santiago Apac Jesús INGENIERO CIVIL CIP. N° 268937

INFORME N° FICHA CBR

SOLICITANTE :
 TESIS :
 UBICACIÓN :
 FECHA :

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CALICATA :
 MUESTRA :
 USOS :

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)			
COMPACTACION CBR	1	2	3
MOLDE			
N° de Golpes x Capa			
Altura del Molde (cm)			
Diámetro (cm)			
Área del Molde (cm ²)			
Cond. Muestra			
P. Húm.+Molde(g)			
Peso Molde (g)			
Peso Húmedo(g)			
Vol. Molde (cm ³)			
Densidad H(g/cm ³)			
Recipiente			
P. Húmedo+Tara(g)			
Peso Seco+Tara(g)			
Peso Agua(g)			
Peso Tara(g)			
P. Muestra Seca(g)			
Cont. Humedad(%)			

PENETRACION		DENSIDAD SECA(g/cm ³)		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulgadas)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

NOMBRE S Y APELLIDOS	FIRMA/CIP
EXPERTO 1: Luis Humberto Mejía Muñoz REG. CIP 119835	 LUIS HUMBERTO MEJIA MUÑOZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 119835
EXPERTO 2: Jasson Cesar Quispe Rojas REG. CIP 41412704	 Jasson Cesar Quispe Rojas INGENIERO CIVIL REG. CIP 41412704
EXPERTO 3: José Santiago Apac Jesús REG. CIP 268937	 José Santiago Apac Jesús INGENIERO CIVIL CIP. N° 268937

Anexo 3. Evaluación por juicio de expertos

VALIDACIÓN DE CONTENIDO DE FICHA DE REGISTRO PARA LA VARIABLE SUELO ARCILLOSO

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos (Ficha de registro) que permitirá recoger la información en la presente investigación: **Análisis de la resistencia del suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación km 1, Canta 2023**. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	✓ 1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	✓ 1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	✓ 1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	✓ 1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Nota. Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

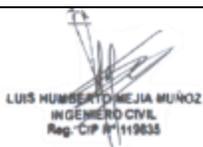
MATRIZ DE VALIDACIÓN DE FICHA DE REGISTRO DE LA VARIABLE SUELO ARCILLOSO

Definición de la variable: Los suelos arcillosos están compuestos de minerales activos e inactivos. El primer grupo contiene una mayor proporción de montmorillonita y una menor proporción de clorita y vermiculita. El segundo grupo incluye caolinita e illita, que tienen la propiedad de hincharse masivamente en el suelo. La trabajabilidad, resistencia y permeabilidad del suelo de grano fino podrían estimarse adecuadamente controlando la plasticidad del suelo, por lo tanto, el índice de plasticidad de las muestras se evalúa mediante la determinación de los límites de Atterberg.

Dimensión	Indicador	Elemento	S u f i c i e n c i a	C l a r i d a d	C o h e r e n c i a	R e l e v a n c i a	Observación

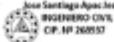
Propiedades mecánicas	Contenido de humedad	PROCTOR	1	1	1	1
	Densidad Seca					
	Resistencia Relativa	CBR				

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	1.- PROCTOR 2.- CBR
Objetivo del instrumento	1.- Máxima densidad seca / Optimo contenido de Humedad 2.- Resistencia relativa
Nombres y apellidos del experto	Luis Humberto Mejía Muñoz
Documento de identidad	33569584
Años de experiencia en el área	21 años
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	MLejía Ingenieros s.a.c
Cargo	G.G
Número telefónico	
Firma	 LUIS HUMBERTO MEJÍA MUÑOZ INGENIERO CIVIL Reg. CP N° 119833
Fecha	10 / 06 / 2023

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	1.- PROCTOR 2.- CBR
Objetivo del instrumento	1.- Máxima densidad seca / Optimo contenido de Humedad 2.- Resistencia relativa
Nombres y apellidos del experto	Jose Santiago Apac Jesus
Documento de identidad	45206598
Años de experiencia en el área	2 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero
Nacionalidad	Peruana
Institución	Constructora Magcam s.a.c
Cargo	G.G
Número telefónico	

Firma	 -----  Jose Santiago Aguiar Armas INGENIERO CIVIL CIP. Nº 262937
Fecha	10 / 06 / 2023

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	1.- PROCTOR 2.- CBR
Objetivo del instrumento	1.- Máxima densidad seca / Optimo contenido de Humedad 2.- Resistencia relativa
Nombres y apellidos del experto	Jasson Cesar Quispe Rojas
Documento de identidad	41412704
Años de experiencia en el área	2 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero
Nacionalidad	Peruana
Institución	Consulting engineers and constructors s.a.c
Cargo	G.G
Número telefónico	
Firma	
Fecha	10 /06 / 2023

Lima, 12 de Setiembre del 2023

Señores:

Email:

Atención:

Respetado Ing.

Por medio de la presente detallamos la Propuesta Económica para el Control de Calidad en Laboratorio para Proyecto de Tesis: "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023":

ITEM	PERSONAL DE CAMPO Y MEDICION DE CAMPO	CANTIDAD	PREC. UNITARIO	PRECIO TOTAL
01	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	1	35.00	35.00
02	Contenido de Humedad	1	15.00	15.00
03	Material que pasa N° 200	1	25.00	25.00
04	Límite Líquido y Límite Plástico Tamiz N° 40	1	45.00	45.00
05	Clasificación de suelos SUCS y AASHTO	1	25.00	25.00
06	Análisis Químico	1	150.00	150.00
07	Ensayo de CBR y Proctor modificado	1	350.00	350.00
08	Ensayo de CBR y Proctor modificado + 5.5% de sílice + 1.5% cobre	1	700.00	700.00
09	Ensayo de CBR y Proctor modificado + 5.5% de sílice + 2.5% cobre	1	700.00	700.00
10	Ensayo de CBR y Proctor modificado + 5.5% de sílice + 3.5% cobre	1	700.00	700.00
11	Ensayo de CBR y Proctor modificado + 5.5% de sílice + 4.5% cobre	1	700.00	700.00
12	Ensayo de Compresión de suelos: Patron y 4 mezclas con cobre y sílice	5	300.00	1500.00

SUBTOTAL: S/ 4,945.00

NO INCLUYE ADQUISICIÓN DE MATERIALES EN GENERAL.

*TOTAL: S/ 5,835.10

* Adelanto del 50% . El monto total incluye IGV. Cancelación en Contraentrega de Informes.

* Entrega de Resultados en 30 días luego de la llegada de muestras a nuestra sede (Certificados).

** Condiciones de trabajo propuestos por el Cliente detallados Vía Correo. Requerimos Orden de Servicio.

confirmar al correo grupomyv.ingsac@gmail.com. La presente Cotización tiene vigencia de 15 días.

Grupo M&V Ingenieros SAC
RUC 20604350205

Cta. Corriente BCP en nuevos soles 191-2648900-0-64
CCI BCP en nuevos soles 002 - 191 - 00264890006451

Cta. Corriente BBVA Continental en nuevos soles 0011-0257-0100028849
CCI BBVA Continental en nuevos soles 011 - 257 - 000100028849 - 36

Cta. de Detracciones Bco. de la Nación 00-004-150295

Atentamente,



GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C
José Enrique Muñoz Saldivar
GERENTE GENERAL
RUC 20604350205



José Enrique Muñoz Saldivar
Espec. responsable: Suelos y Pavimentos

cc:
G.M&V Ing SAC (1-1)
Tesis con cobre y sílice
Archivo

Coop. San Miguel Mz.D Lt. 8/ Int. 1 - Urb. Campoy - S.J.L. / Mz. A Lt. 6 Urb. Los Grassoles 1° Etapa - Callao.
Tel: (511) 661-9143 Celular RPC (511) 94778-9986 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5810 (WhatsApp)

myv.ingsac@hotmail.com
cotizaciones@myvingenieros.com



CONTRATO DE SERVICIO N° 157 GM&V-DLC

Lima, 21 de Setiembre del 2,023

Señor (a) : **CHAMORRO HINOSTROZA RONALD**
MORI ALEGRÍA HUGO

Detalles : Conste por el presente documento, que se suscribe por el contrato de trabajo de Control de Calidad de Materiales de acuerdo a la **COTIZACIÓN 157B-M&V-2023.07 (Descuento del 30%)**

Acuerdos Pago Total s/ 3461.50 - Son Tres mil Cuatrocientos sesenta y uno con 50/100 Soles

ADELANTO DEL 50% - CANCELACIÓN en contraentrega de Certificados.

Referencia : Tesis " Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"


GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C
.....
José Enrique Muñoz Saldívar
GERENTE GENERAL
RUC 20604350206



Jose Enrique Muñoz Saldívar
Gerente General

Archivo
G.M&V 1.1

Coop. San Miguel Mz. D Lt. 6/ Int. 1 - Urb. Carrpoy - S.J.L. / Mz. A Lt. 6 Urb. Los Girasoles 1º. Eapa - Callao.

Telfax: (511) 661-9143 Celular RPC (511) 94775-9986 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5610 (WhatsApp)

LIMA-PERU

my_ingsac@hotmail.com

cotizaciones@myingenieros.com

www.myingenieros.com

Anexo 5. Fotos y Resultados

Figura 1
Calicatas





Figura 2
Análisis de Granulometría



Figura 3
Moldes para las pruebas



Figura 4
Límites de consistencia (Atterberg)



Figura 5
Secado del agregado fino



Figura 6
Prueba del Proctor



Figura 7
Prueba del CBR



Anexo 6. Ensayos de laboratorio



COTIZACIÓN 157B-MaV-2023.07 Tesis con cobre y silice

Lima, 12 de Setiembre del 2023

Señores: Chamorro Hinostroza, Ronald

Email: Mori Alegría, Hugo

Atención:

Respetado Ing.

Por medio de la presente detallamos la Propuesta Económica para el Control de Calidad en Laboratorio para Proyecto de Tesis: "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y silice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023":

ITEM	PERSONAL DE CAMPO Y MEDICION DE CAMPO	CANTIDAD	PREC. UNITARIO	PRECIO TOTAL
01	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	1	35.00	35.00
02	Contenido de Humedad	1	15.00	15.00
03	Material que pasa N° 200	1	25.00	25.00
04	Límite Líquido y Límite Plástico Tamiz N° 40	1	45.00	45.00
05	Clasificación de suelos SUCS y AASHTO	1	25.00	25.00
06	Análisis Químico	1	150.00	150.00
07	Ensayo de CBR y Proctor modificado	1	350.00	350.00
08	Ensayo de CBR y Proctor modificado + 5.5% de silice + 1.5% cobre	1	700.00	700.00
09	Ensayo de CBR y Proctor modificado + 5.5% de silice + 2.5% cobre	1	700.00	700.00
10	Ensayo de CBR y Proctor modificado + 5.5% de silice + 3.5% cobre	1	700.00	700.00
11	Ensayo de CBR y Proctor modificado + 5.5% de silice + 4.5% cobre	1	700.00	700.00
12	Ensayo de Compresión de suelos: Patron y 4 mezclas con cobre y silice	5	300.00	1500.00

SUBTOTAL: S/ 4,945.00

NO INCLUYE ADQUISICIÓN DE MATERIALES EN GENERAL.

***TOTAL: S/ 5,835.10**

* Adelanto del 50% . El monto total incluye IGV. Cancelación en Contraentrega de Informes.

** Entrega de Resultados en 30 días luego de la llegada de muestras a nuestra sede (Certificados).

** Condiciones de trabajo propuestos por el Cliente detallados Vía Correo. Requerimos Orden de Servicio.

confirmar al correo grupomy.ingsac@gmail.com. La presente Cotización tiene vigencia de 15 días.

Grupo M&V Ingenieros SAC
RUC 20604350205

Cta. Corriente BCP en nuevos soles 191-2648900-0-64

CCI BCP en nuevos soles 002 - 191 - 00264890006451

Cta. Corriente BBVA Continental en nuevos soles 0011-0257-0100028849

CCI BBVA Continental en nuevos soles 011 - 257 - 000100028849 - 36

Cta. de Detracciones Bco. de la Nación 00-004-150295

Atentamente,

GRUPO M&V INGENIEROS S A C
José Enrique Muñoz Saldivar
GERENTE GENERAL
RUC 20604350205



José Enrique Muñoz Saldivar
Espec. responsable: Suelos y Pavimentos

cc:
G.M&V Ing SAC (1-1)
Tesis con cobre y silice
Archivo

Coop. San Miguel Mz.D Lt. 8/ Int. 1 - Urb. Campoy - S.J.L. / Mz. A Lt. 6 Urb. Los Girasoles 1º. Etapa - Callao.
Telfax: (511) 661-9143 Celular RPC (511) 94778-9986 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5810 (WhatsApp)

mvy_ingsac@hotmail.com
cotizaciones@mvyingenieros.com
www.ingenieros.com

LIMA-PERU



CONTRATO DE SERVICIO N° 157 GM&V-DLC

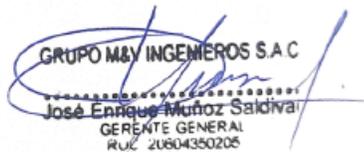
Lima, 21 de Setiembre del 2,023

**Señor (a) : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO**

Detalles : Conste por el presente documento, que se suscribe por el contrato de trabajo de Control de Calidad de Materiales de acuerdo a la COTIZACIÓN 157B-M&V-2023.07 (Descuento del 30%)

**Acuerdos Pago Total s/ 3461.50 - Son Tres mil Cuatrocientos sesenta y uno con 50/100 Soles
ADELANTO DEL 50% - CANCELACIÓN en contraentrega de Certificados.**

Referencia : Tesis " Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"


GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C
José Enrique Muñoz Saldivar
GERENTE GENERAL
RUC 20804350206



Jose Enrique Muñoz Saldivar
Gerente General

Archivo
G.M&V 1.1

Coop. San Miguel Mz.D Lt. 8/ Int. 1 - Urb. Campoy - S.J.L. / Mz. A Lt. 6 Urb. Los Girasoles 1ª. Etapa - Callao.

my_ingsac@hotmail.com

Telfax: (511) 861-9143 Celular RPC (511) 94778-9988 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5810 (WhatsApp)

cotizaciones@mwingenieros.com

LIMA-PERU

www.mwingenieros.com

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD MUESTRA : SUELO
 MORI ALEGREÍA HUGO IDENTIFICACIÓN : Calcaña
 PROYECTO DE TESIS : Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subbase
 adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023 CANTIDAD : 55.0 Kg
 UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360 PRESENTACIÓN : Seco.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 20.09.2023 FECHA ENSAYO : 21.09.2023

MALLAS		DENOMINACIÓN	0+200			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)		C-1 M-1 (0.00 - 0.30)		C-1 M-2 (0.35 - 1.50)	
		NORMAS ENSAYO	RET (%)	PRODA (%)	RET (%)	PRODA (%)
2"	76.200	MTC E-107 (2000)				
2 1/2"	63.500					
3"	50.800			100		
1 1/2"	38.100		3	87		
1"	25.400		6	91		
3/4"	19.050		4	87		
1/2"	12.700		5	83		
3/8"	9.525		6	74		
1/4"	6.350		6	66		
N° 4	4.750		4	64		
N° 6	3.350		3	61	100	
N° 8	2.500		3	55	4	96
N° 10	2.000		4	54	5	91
N° 16	1.190		5	46	6	85
N° 20	0.840		4	45	5	80
N° 30	0.590		5	40	7	73
N° 40	0.425		4	36	4	69
N° 50	0.300		3	33	4	65
N° 60	0.250		11	22	17	40
N° 100	0.150		3	19	4	44
N° 200	0.075	2	17	5	39	
- N° 200	-	17	-	39	-	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		NTP 226.127 (1 999)	3.1	3.5		
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)		NTP 226.129 (1 999)	20	29		
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		NTP 226.129 (1 999)	21	21		
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		NTP 226.129 (1 999)	2	3		
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUOS)		NTP 226.124 (1 999)	SM	SC		
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASHTO)		NTP 206.126 (99)	A-1-b (2)	A-4 (2)		

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 20.09.2023
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



GRUPO M & V INGENIEROS SAC
 ING. JOSUÉ RÍOS CHRISTIANO
 CIP N° 265472

Lima, 17 de Octubre del 2023

M&V (102)
 mh@mv.com
 O.S. N° 157

Coop. San Miguel Mz D.L. B Int. 1 - Urb. Campoy - 5 J.L. / Mz. A Lt. 6 Urb. Los Graseoles 1º. Bapa - Colfao.
 Telfax: (511) 861-9143. Calcaña RPC (511) 94778-9686 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5830 (WhatsApp)
 LIMA - PERU

mv.investigaciones@gmail.com
cotizaciones@myingenieros.com
www.ingenieros.com



INFORME DE ENSAYO N° 157 - 2023 - M&VIJMI

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALDO MUESTRA : SUELO
 MORI ALEGRA HUGO IDENTIFICACIÓN : Callata.
 PROYECTO DE TESIS : Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023 CANTIDAD : 75.0 Kg
 UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15300 PRESENTACIÓN : Saco.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 20.09.2023 FECHA ENSAYO : 21.09.2023

MALLAS		DENOMINACIÓN	Ø 600			
GRSE AMERICANA	ABERTURA (mm)		C-2 M-1 (0.00 - 1.10)		C-2 M-2 (1.10 - 1.80)	
		NORMAS ENSAYO	RET (%)	PKGA (%)	RET (%)	PKGA (%)
3"	76.200	MTC E-107 (2000)				
2 1/2"	63.500					
2"	50.800			100		
1 1/2"	38.100		5	95		
1"	25.400		4	91		
3/4"	19.050		6	85		
1/2"	12.700		7	78		
3/8"	9.525		8	70		
1/4"	6.350		7	63		
N° 4	4.750		5	58	100	
N° 6	3.360		2	56	5	95
N° 8	2.360		3	53	4	91
N° 10	2.000		2	51	4	87
N° 15	1.190		4	47	5	82
N° 20	0.840		5	42	6	76
N° 30	0.590		4	38	5	71
N° 40	0.425		3	35	4	67
N° 50	0.297		4	31	4	63
N° 80	0.177		12	19	13	45
N° 100	0.149		2	17	4	41
N° 200	0.074	2	15	5	36	
- N° 300	-		15	-	36	-
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	NTP 208.127 (I 998)		3		3.9	
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)	NTP 208.128 (I 998)		22		28	
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)	NTP 208.129 (I 998)		20		21	
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	NTP 208.129 (I 998)		2		7	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	NTP 208.134 (I 998)		GM		SC-GM	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)	NTP 208.135 (99)		A-1-b (2)		A-4 (2)	

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 20.09.2023
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



GRUPO M&V INGENIEROS SAC.
 Ing. Jhones Ríos Chángano
 CIP N° 269473

Lima, 17 de Octubre del 2023

M&V 025
 mh@mv.com
 O.S. N° 157

Coop. San Miguel Mz. D.L1. 8 Int. 1 - Urb. Campoy - S.J.L. / Mz. A Lt. 6 Urb. Los Girasoles 1º Bapa - Callao.
 Telfax: (511) 661-9143 Celular RPC (511) 94778-9668 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5810 (WhatsApp)
 LIMA - PERU

mv_ingrsc@hotmail.com
contrataciones@mv Ingenieros.com
www.ingenieros.com

INFORME DE ENSAYO N° 157 - 2023 - M&VIJMI

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRIA HUGO

PROYECTO DE TESIS : Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023

UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15300

FECHA DE RECEPCIÓN : 20.09.2023

MUESTRA : SUELO
IDENTIFICACIÓN : Calicata
CANTIDAD : 65.0 Kg
PRESENTACIÓN : Seco
FECHA ENSAYO : 21.09.2023

MALLAS		DENOMINACIÓN	0+000				
			0-3 M-1 (0.00 - 1.00)		0-3 M-2 (1.00 - 1.50)		
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASAJE (%)	RET (%)	PASAJE (%)	
3"	76.200	MTC E-107 (2000)					
2 1/2"	63.500						
2"	50.800			100			
1 1/2"	38.100			3	97		
1"	25.400			5	95		
3/4"	19.050			7	93		
1/2"	12.700			8	92		
3/8"	9.525			8	91		
1/4"	6.350			8	90		
N° 4	4.750			8	89		
N° 6	3.350			3	97		
N° 8	2.300			4	96		
N° 10	2.000			5	95	100	
N° 15	1.180			2	98	5	95
N° 20	0.840			3	97	4	96
N° 30	0.600			3	97	5	95
N° 40	0.425			4	96	7	93
N° 50	0.300			3	97	4	96
N° 60	0.250			10	90	18	82
N° 100	0.150			2	98	5	95
N° 200	0.075		2	98	4	96	
-N° 200	-		16	-	43	-	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		NTP 206.127 (I 999)	2.5		3.2		
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)		NTP 206.129 (I 999)	21		26		
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		NTP 206.129 (I 999)	20		22		
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		NTP 206.129 (I 999)	1		7		
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)		NTP 206.134 (I 999)	GM		SO-GM		
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASHTO)		NTP 206.135 (99)	A-1-b (2)		A-4 (1)		

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 20.09.2023
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



GRUPO M&V INGENIEROS SAC.
Ing. Juller Ríos Chilingano
C.R.N° 269472

Lima, 17 de Octubre del 2023

M&V (2025)
mhc/maltes
O.S. N° 157

Coop. San Miguel Mr. D.L. B. Int. 1 - Urb. Campoy - S.J.L. / Mr. A.L. 6 Urb. Los Girasoles 1º Bapa - Callao.
Telfax: (511) 861-9143. Celular RPC (511) 94778-9698 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5810 (WhatsApp)
LIMA-PERU

mvr_ingasac@hotmail.com
colaboraciones@mvingenieros.com
www.ingenieros.com

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO
PROYECTO : Tesis "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN : 0+ 500
FECHA : 20/09/2023

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883-9 c

Calicata : C-2 M-2 (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C -81
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.026
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.2

b).- Compactación de moldes

MOLDE Nº	I	II	III
Nº de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.026	1.865	1.715
Contenido de Humedad	7.2	7.1	7.2

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE Nº	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	195	1000	19.5
II	0.1	115	1000	11.5
III	0.1	46	1000	4.6

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 19.5 %
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 14.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

Nota: La muestra fue recibida e identificada por el solicitante.

LSP (825)
calc/arc
O.S. N°157



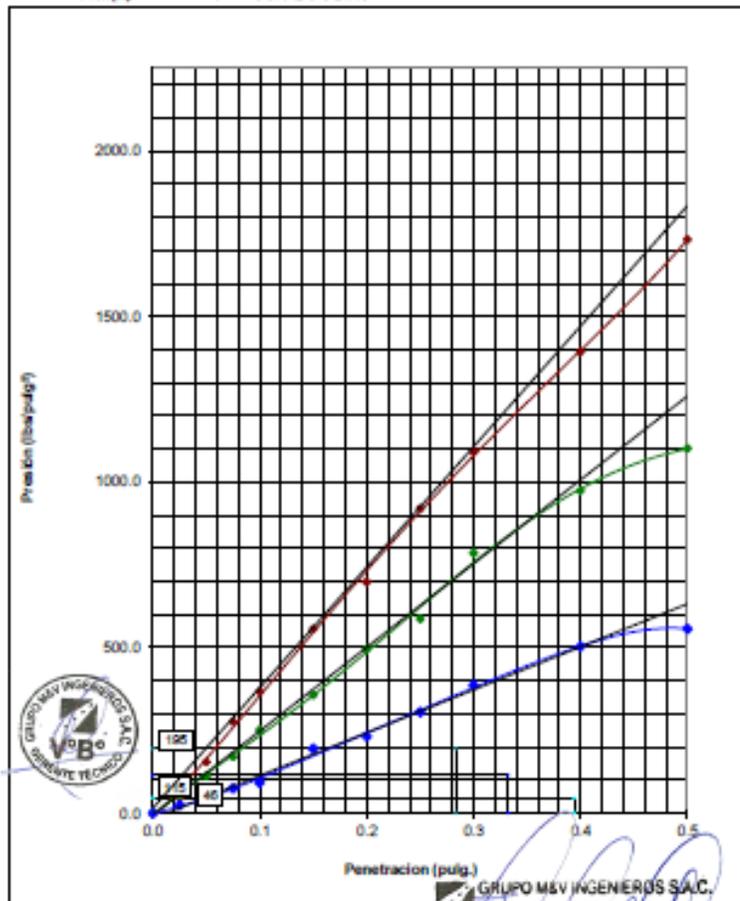
GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.
Ing. Juster Rios Chilingano
CIP N° 269472

Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO
PROYECTO : Tests "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante
adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN: G+ 500
FECHA : 20/09/2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (C) - 91

Calicate : C-2 M-2 (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



LSP (7/25)
cafc/vrc
O.S. N°157

GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C.
Ing. Juster Rios Chilingano
CIP N° 269472

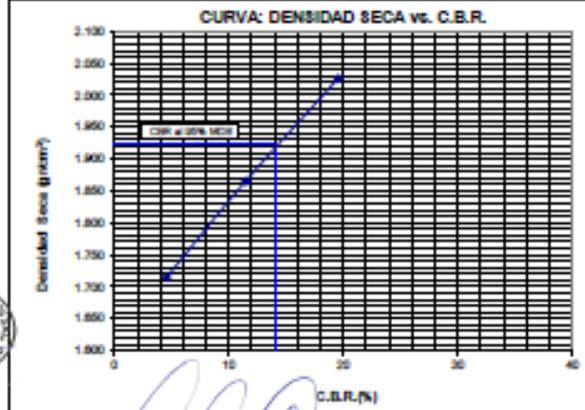
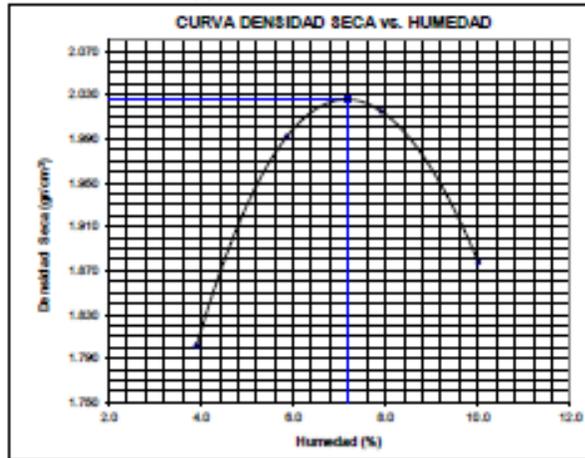
Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
 MDR ALBORÁ HUGO
 PROYECTO : Tests "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subsanite adicionando cobre y silice, Av. Circunvalación 11m., Canta 2023"
 UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
 IDENTIFICACIÓN : 0- 500
 FECHA : 2009/2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (C) - 81

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.026
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.2
 CBR al 100% de la MDS (%) : 19.5
 CBR al 95% de la MDS (%) : 14.0

Calibre : C-2 Nº2 (1.18 - 1.50)
 Muestra : SOBRESADO
 Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



LSP-025
 calofeno
 O.S. N°157

GRUPO M&V INGENIEROS SAC
 Ing. Justo Ríos Chilingano
 C.P. N° 269472

Lima, 17 de Octubre del 2023



SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO
PROYECTO : Tesis "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN : Km. 0+ 500 Suelo + Cobre 1.5% + Sílice 5.5%
FECHA : 20/09/2023

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883-S c

Calicata : C-2 M-2 (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C -81
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.070
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.4

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de oapas	5	5	5
Numero de golpes/oapa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.070	1.883	1.745
Contenido de Humedad	7.4	7.3	7.4

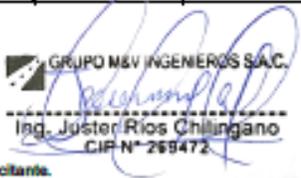
c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Preción Aplloada (Lb/pulg ²)	Preción Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	313	1000	31.3
II	0.1	150	1000	15.0
III	0.1	43	1000	4.3

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 31.3 %
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 22.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.


GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.
Ing. Justo Ríos Chilingano
CIP N° 269472

LSP (025)
cat@vrc
O.S. N°157

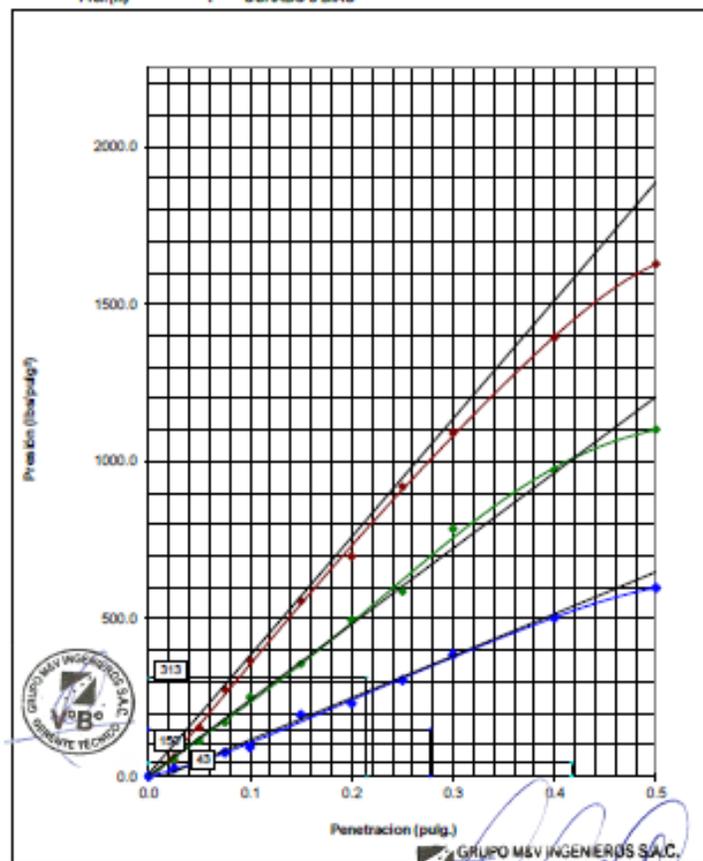


Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO
PROYECTO : Tesis "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante
adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN: Km. 0+ 500 Suelo + Cobre 1.5% + Sílice 5.5%
FECHA : 20/09/2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (C) - 91

Calicata : C-2 M-2 (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



LSP (10/25)
cafc/vrc
O.S. N°157

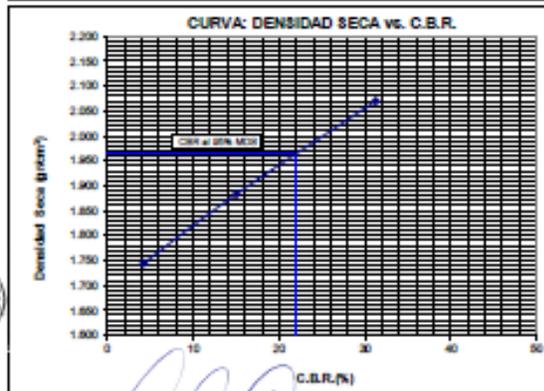
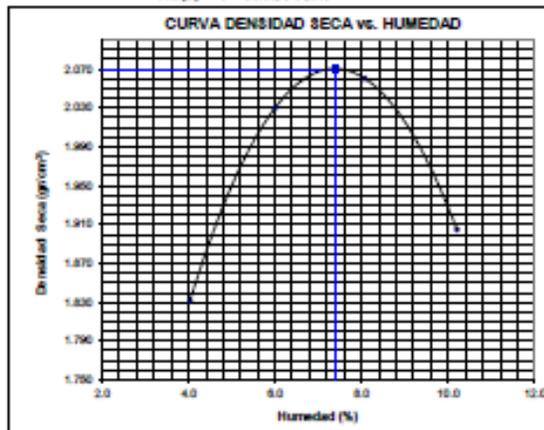
GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C.
Ing. Justo Ríos Chilingano
CIP N° 269472
Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUO
PROYECTO : Tests "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 11m., Canta 2023"
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN : Km. 0+ 500 Suelo + Cobre 1.5% + Sílice 5.5%
FECHA : 20/09/2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (C) - 81

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.070
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.4
 CBR al 100% de la MDS (%) : 31.3
 CBR al 95% de la MDS (%) : 22.0

Calote : 0.2 M2 (1.10 - 1.50)
 Muestra : SUMERGIDO
 Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



LSP-1125
 salfino
 O.S. N°157

GRUPO M & V INGENIEROS SAC.
 Ing. Justo Ríos Chilingano
 CIP N° 249472

Lima, 17 de Octubre del 2023



RUC 20604350205

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO
PROYECTO : Tests "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando
cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN : Km. 0+ 500 Suelo + Cobre 2.5% + Sílice 5.5%
FECHA : 20/09/2023

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883-9 c

Calicata : O-2 M-2 (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C -81
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.076
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.4

b).- Compactación de moldes

MOLDE Nº	I	II	III
Nº de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.076	1.885	1.746
Contenido de Humedad	7.4	7.4	7.4

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE Nº	Penetración (pulg)	Preción Aplicada (Lb/pulg ²)	Preción Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	355	1000	35.5
II	0.1	239	1000	23.9
III	0.1	165	1000	16.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 35.5 %
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 29.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C.
Ing. Justo Rios Chilingano
C.I.P. N° 269472

LSP (12/25)
calc/vrc
O.S. N°157

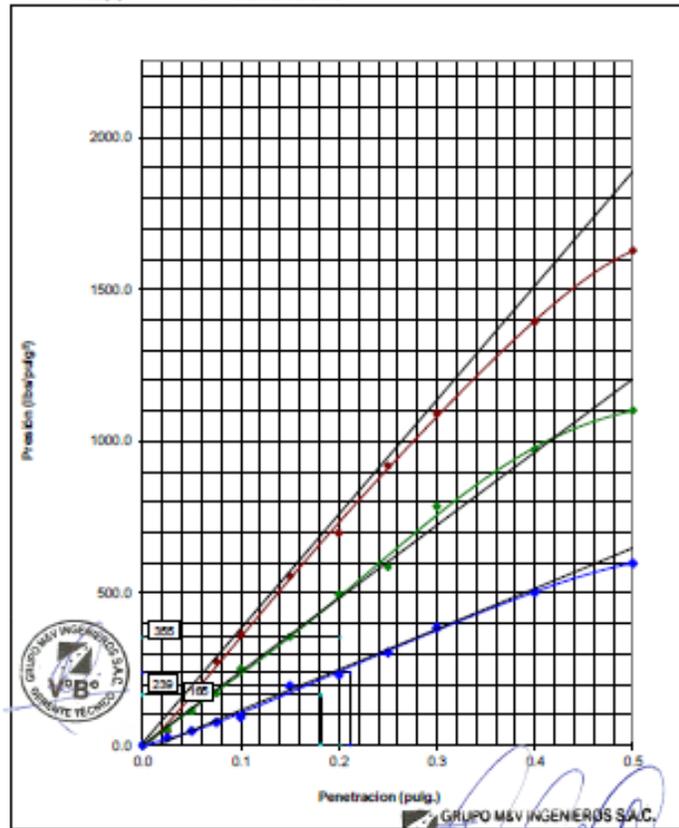


Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO
PROYECTO : Tesis "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante
adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN : Km. 0+ 500 Suelo + Cobre 2.5% + Sílice 5.5%
FECHA : 20/09/2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (C) - 91

Calicata : C-2 M-2 (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Prof. (m) : CURADO 3 DIAS



LSP (13/25)
ca/c/vrc
O.S. N°157

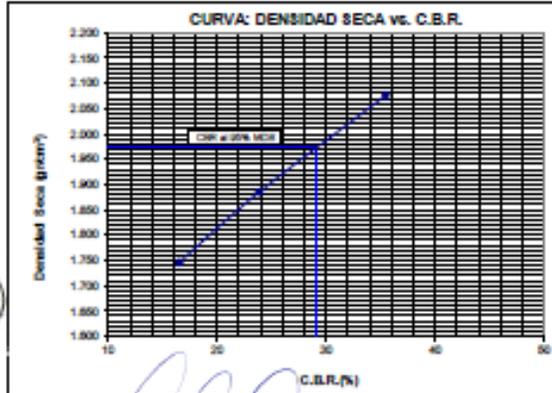
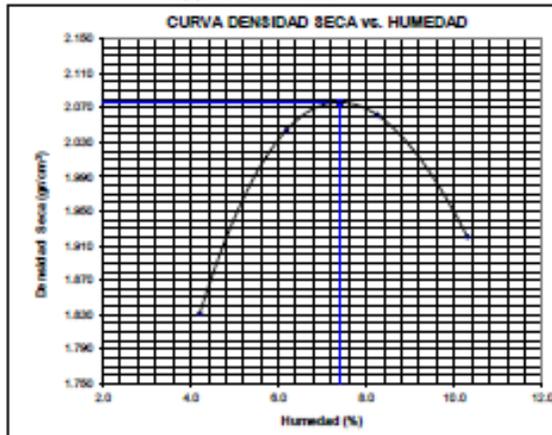
GRUPO M&V INGENIEROS SAC.
Ing. Justo Ríos Chilingano
CIP N° 269472
Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORA ALBORÍA HUGO
PROYECTO : Tests "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Ar. Circunvalación 1km., Canta 2023"
UBICACIÓN : Ar. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN : Km. 0+ 500 Suelo + Cobre 2.5% + Sílice 5.5%
FECHA : 20/09/2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (C) - 91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.076
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.4
CBR a 100% de la MDS (%) : 35.5
CBR a 95% de la MDS (%) : 29.0

Calote : 0-2 M₂ (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



LSP(1425)
calofino
O.S. N°57

GRUPO M&V INGENIEROS SAC.
Ing. Justo Ros Chilingano
C.P.N° 269472

Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO
PROYECTO : Tests "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando
cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN : Km. 0+ 500 Suelo + Cobre 3.5% + Sílice 5.5%
FECHA : 20/09/2023

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883-9 c

Calicata : C-2 M-2 (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1667 C -81
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.101
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.6

b).- Compactación de moldes

MOLDE Nº	I	II	III
Nº de oapas	5	5	5
Numero de golpes/oapa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.101	1.902	1.777
Contenido de Humedad	7.6	7.6	7.5

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE Nº	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	590	1000	59.0
II	0.1	343	1000	34.3
III	0.1	210	1000	21.0

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 59.0 %
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 46.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

GRUPO M&V INGENIEROS SAC.
Ing. Justo Ríos Chilingano
CIP N° 269472

LSP (15/25)
calchvc
O.S. N°157

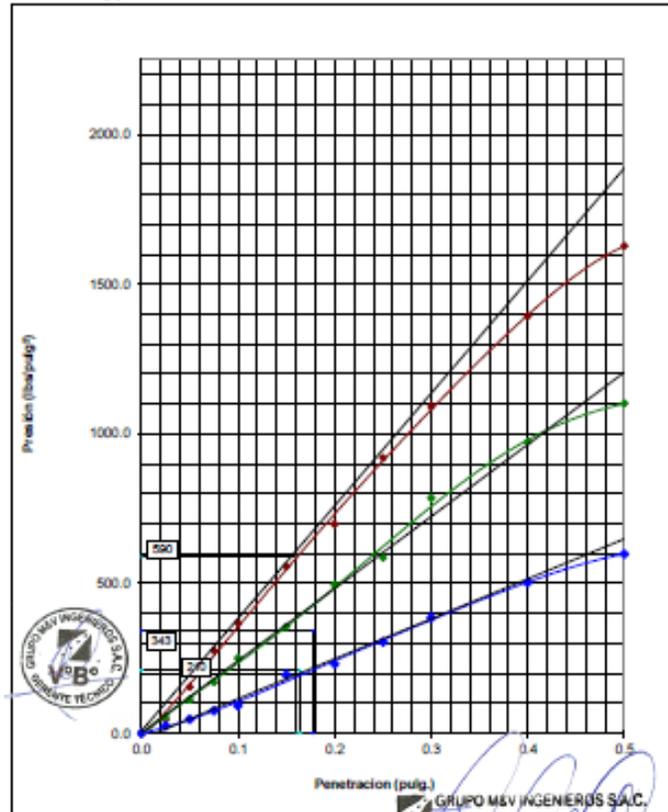


Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO
PROYECTO : Tesis "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante
adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN : Km. 0+ 500 Suelo + Cobre 3.5% + Sílice 5.5%
FECHA : 20/09/2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (C) - 91

Calote : C-2 M-2 (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



LSP (16/25)
cafc/vrc
O.S. N°157

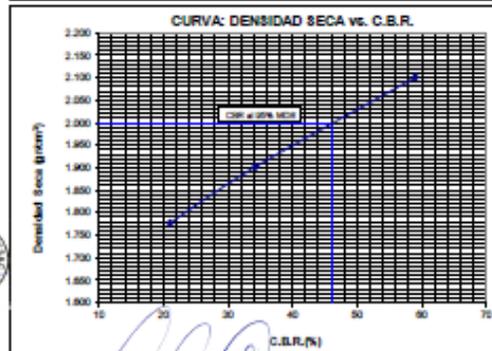
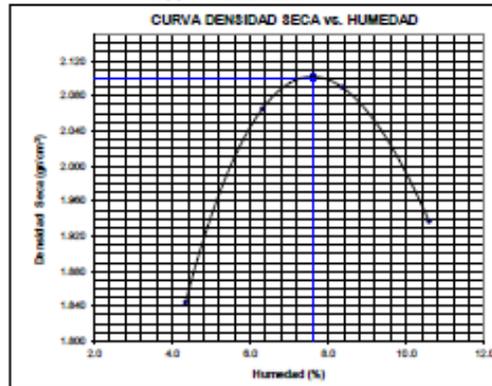
GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C.
Ing. Justo Ríos Chilingano
CIP N° 269472
Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
 MORI ALBORÁ HUGO
 PROYECTO : Tesis "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av.
 Circunvalación 11m., Cartera 2022"
 UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Cartera 15360
 IDENTIFICACIÓN : Km. 0+ 500 Suelo + Cobre 3.5% + Sílice 5.5%
 FECHA : 20/09/2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (C) - 91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.101
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.5
 CBR al 100% de la MDS (%) : 59.0
 CBR al 95% de la MDS (%) : 46.0

Calzate : C-2 M2 (1.10 - 1.50)
 Muestra : SUMERGIDO
 Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



LSP-17326
 calificado
 O.S. N°157

Ing. Joster Rios Chilingano
 C.P.N° 769472

Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO
PROYECTO : Testis "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN : Km. 0+ 500 Suelo + Cobre 4.5% + Sílice 5.5%
FECHA : 20/09/2023

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883-9 c

Calicata : C-2 M-2 (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1667 C -81
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.072
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.3

b).- Compactación de moldes

MOLDE Nº	I	II	III
Nº de oapas	5	5	5
Numero de golpes/oapa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.072	1.888	1.750
Contenido de Humedad	7.3	7.3	7.3

e).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE Nº	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	472	1000	47.2
II	0.1	315	1000	31.5
III	0.1	202	1000	20.2

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 47.2 %
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 38.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

 GRUPO M & V INGENIEROS SAC.
Ing. Justo Rios Chilingano
CIP N° 269472

LSP (18/25)
cafo/vrc
O.S. N°157

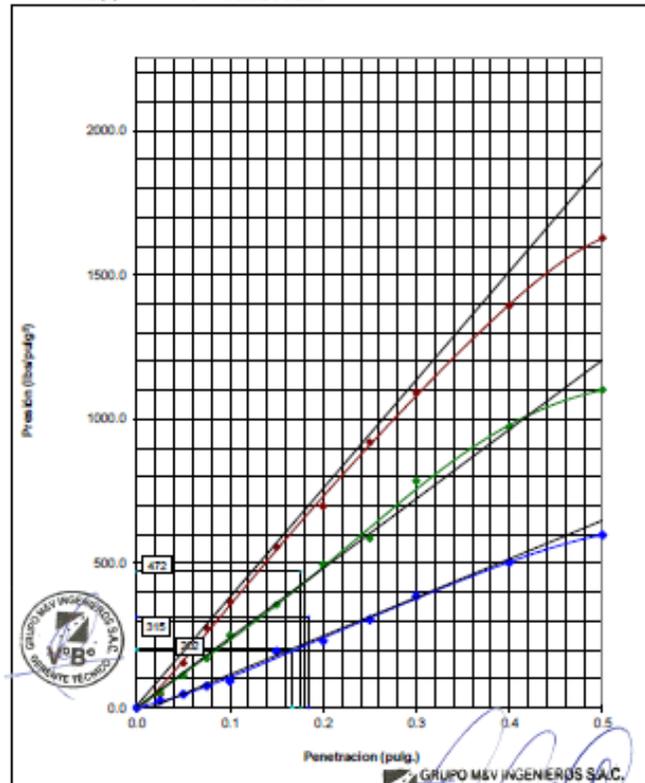


Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO
PROYECTO : Tests "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante
adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN : Km. 0+ 500 Suelo + Cobre 4.5% + Sílice 5.5%
FECHA : 20/09/2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (C) - 91

Calicata : C-2 M-2 (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



LSP (19/25)
cafc/vrc
O.S. N°157

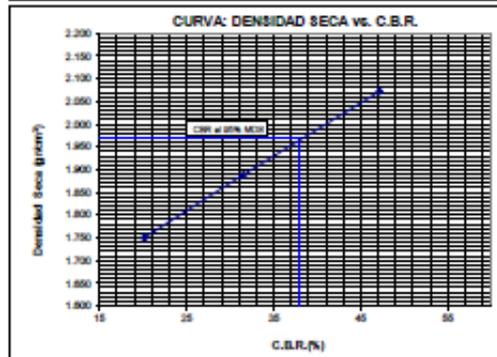
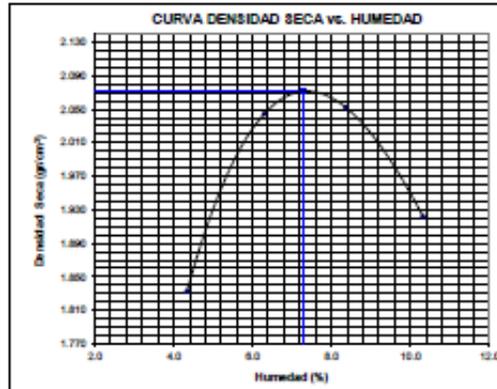
GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C.
Ing. Justo Ríos Chilingano
CIP N° 265472
Lima, 17 de Octubre del 2023

SOLICITANTE : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
MORI ALEGRÍA HUGO
PROYECTO : Tests "Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subrasante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
Circunvalación 1km., Canta 2023
UBICACIÓN : Av. Circunvalación, Canta 15360
IDENTIFICACIÓN : Km. 0+500 Suelo + Cobre 4.5% + Sílice 5.5%
FECHA : 20/09/2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (C) - 91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.072
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.3
CBR al 100% de la MDS (%) : 47.2
CBR al 95% de la MDS (%) : 38.0

Calibre : 0.2 M2 (1.10 - 1.50)
Muestra : SUMERGIDO
Profund. : CURADO 3 DIAS



LSP (2023)
celsovic
C.S. Nº157

FIRMA EN EL ORIGINAL

Lima, 17 de Octubre del 2023

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADOS

PROYECTO : Tesis "Análisis de la resistencia de un suelo arenoso a nivel de subrasante adionando cobre y silice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023"
 CANTERA : SUELOS ING. RESPONSABLE : mpp / jems
 MUESTRA : Agregados TECNICO : kra
 SOLICITADO : CHAMORRO HINOSTROZA RONALD
 MORI ALEGRÍA HUGO FECHA : 20.09 al 17.10.2023

NTP 400.021 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso

Código de la muestra	C-1 M-2	C-2 M-2	C-3 M-2
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (EN AIRE) A			
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (SUMERGIDO) B			
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS C=(A-B)			
PESO DE MATERIAL SECO D			
VOLUMEN DE LA MASA E=C-(A-D)			
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA) D/C			
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) A/C			
PESO APARENTE (BASE SECA) D/E			
ABSORCIÓN			

NTP 400.022 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino

PESO FIOLA (CALIBRADA CON AGUA) A	669.0	701.0	700.4
PESO FIOLA (CALIBRADA CON AGUA) + PESO MATERIAL B	969.0	1001.0	1000.4
PESO FIOLA + AGUA + MATERIAL S.S.S. (EXTRAIDO EL AIRE) C	859.1	897.5	889.0
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS D=(B-C)	109.9	103.5	111.4
PESO DE MATERIAL SECO E	296.0	275.0	295.0
VOLUMEN DE LA MASA F=D-(PESO MATERIAL S.S.S-E)	105.9	78.5	106.4
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA) E/D	2.693	2.657	2.648
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) MAT.S.S.S./D	2.730	2.899	2.693
PESO APARENTE (BASE SECA) E/F	2.795	3.503	2.773
ABSORCIÓN	1.35	9.05	1.69

OBSERVACIONES:

M&V (4/25)
jcc/jems/kra
O.S. N° 157



GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C.

Ing. Justo Ríos Chilingano
CIR N° 269472

Lima, 17 de Octubre de 2023

 Grupo M&V Ingenieros SAC RUC 20604350205	FORMATO	Código	G.M&V 187.01
	ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA	Revisión	01
		Fecha	20/09/2023
		Página	5 de 26

Informe	W10223 G-M&V		
Solicitante	CHAMORRO HINOSTROZA RONALDO		
	MOR ALBORÁN HUGO		
Proyecto	Análisis de la resistencia de un suelo arcilloso a nivel de subsanante adicionando cobre y sílice, Av. Circunvalación 1km., Canta 2023		
Fecha	20 de Setiembre del 2023		
Datos de la muestra		Fecha de Recepción:	20/09/2023
Ubicación	Calicata 2 Km. 04500	Fecha de Ejecución:	17/10/2023
Muestra	M-2		

SALES SOLUBLES TOTALES				
NTP 338.152 / BS 1377-Part 3				
RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA	—	1 : 3		
NUMERO DE BEAKER	—	B-20	B-15	
PESO DE BEAKER	(g)	50.1546	51.1547	
PESO DEL BEAKER + RESIDUOS DE SALES	(g)	50.1550	51.1554	
PESO DEL RESIDUO DE SALES	(g)	0.0003	0.0007	
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	(ml)	50	50	
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN LICUETA	(p.p.m.)	156	94	PROMEDIO
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA	(p.p.m.)	318	282	300
CONSTITUYENTES DE S.S EN PESO SECO	(%)	0.032	0.028	0.030

SULFATOS SOLUBLES				
NTP 338.178 / AASHTO T290				
VOLUMEN DE AGUA DESTILADA	(ml)	300	300	
PESO DE SUELO SECO	(g)	100	100	
NUMERO DE CRISOL	—	2	2	
PESO DEL CRISOL	(g)	30.0090	31.0125	
PESO DEL CRISOL + RESIDUO DE SULFATOS	(g)	30.0020	31.0130	
PESO DE RESIDUO DE SULFATOS	(g)	0.0048	0.0095	
VOLUMEN DE LA SOLUCION TOMADA	(ml)	30	30	
PESO DE LA MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCION	(g)	10	10	PROMEDIO
CONCENTRACION DE ION SULFATO	(p.p.m.)	158	228	212
CONTENIDO DE SULFATOS	(%)	0.020	0.023	0.021

CLORUROS SOLUBLES				
NTP 338.178 / AASHTO T290				
VOLUMEN DE AGUA DESTILADA	(ml)	300		
PESO DE SUELO SECO	(g)	100		
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	(ml)	30	30	
TITULACION DE LA SOLUCION DE NITRATO DE PLATA	(T)	1	1	
CONSUMO DE SOLUCION DE NITRATO DE PLATA	(ml)	1.1	1.1	
PESO DE MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCION	(g)	10.00	10.00	PROMEDIO
CONTENIDO DE CLORUROS	(p.p.m.)	43	43	
CONTENIDO DE CLORUROS	(%)	0.0043	0.0042	0.004
pH DE ENSAYO	—	7.70		

T° 27 Ambiente

Método de preparación Hom Ambiente

Método de secado Hom 110 ± 5°C Ambiente

OBSERVACIONES:

Según procedimiento de ensayo se realizó el suelo por el tamiz N°10

Clasificación visual - manual: —



GRUPO M&V INGENIEROS SAC

Ing. Julio Ríos Chiriguano
CIP N° 269472

Lima, 23 de Setiembre del 2023