



Universidad  
Señor de Sipán

# **FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO**

## **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

### **TESIS**

## **Estudio Comparativo de Estabilización de Suelos Arcillosos entre las adiciones de Cemento Cal y Ceniza de Carbón para Subrasante**

### **PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**

#### **Autor:**

Bach. Mendoza Cruz Ethel Hellen.  
<https://orcid.org/0009-0003-0539-5291>

#### **Asesor:**

**Dr. Muñoz Pérez, Sócrates Pedro**  
<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>

#### **Línea de Investigación**

**Tecnología e innovación en el desarrollo de la construcción y la  
industria en un contexto de sostenibilidad**

#### **Sublínea de Investigación**

**Innovación y tecnología en ciencia de los materiales, diseño e  
infraestructura**

**Pimentel – Perú**

**2023**


## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado del Programa de Estudios de estudios de la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### **ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS ENTRE LAS ADICIONES DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON PARA SUBRASANTE**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Mendoza Cruz Ethel Hellen	DNI: 46523234	
---------------------------	---------------	---

Pimentel, 10 de junio de 2023.

## REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS ENTRE LAS ADICIONES DE CEMENTO, CAL Y CEN**

AUTOR

**Ethel Hellen Mendoza Cruz**

RECUENTO DE PALABRAS

**7419 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**39467 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**47 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**7.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 4, 2023 8:25 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Nov 4, 2023 8:26 AM GMT-5**

### ● 12% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

**ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS ENTRE  
LAS ADICIONES DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON PARA SUBRASANTE**

**Aprobación del jurado**

---

**MAG. VILLEGAS GRANADOS LUIS MARIANO**  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

**MAG. CASAS LOPEZ ARTURO**  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

**MAG. BALLENA DEL RIO PEDRO MANUEL**  
**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatoria**

A mi madre, Ethel Cruz Lavalle, que me enseñó que todo es posible con trabajo, esfuerzo, dedicación, sacrificio y corazón.

***Ethel Hellen Mendoza Cruz***

## **Agradecimiento**

Agradecer a Dios por darme salud, ímpetu y la oportunidad de cumplir una de mis metas y siempre acompañarme en cada paso que doy.

A mi madre Ethel Cruz Lavallo, por el sacrificio que hace todos los días para sacarnos adelante y apoyarme fielmente en toda esta travesía de mi vida y en mi crecimiento profesional.

A mi alma mater, la Universidad Señor de Sipan por brindarme todos los elementos necesarios para el desarrollo de mis capacidades como profesional y hacer posible dicha investigación.

A cada uno de mis docentes, los ingenieros a los cuales les estaré eternamente agradecida, porque cada obstáculo que encontré me apoyaron y me enseñaron a levantarme y brindarme sus conocimientos, para ejercer esta profesión con orgullo y respeto.

***Ethel Hellen Mendoza Cruz***

## Índice

Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	11
I. INTRODUCCION.....	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema.....	19
1.3. Hipótesis.....	19
1.4. Objetivos Objetivo general.....	19
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	20
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	25
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	25
2.2. Variable, operacionalización.....	26
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	28
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	29
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	30
2.6. Criterios éticos.....	40
III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	40
3.1. Resultados.....	40
3.2. Discusión.....	56
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
4.1 Conclusiones.....	58
4.2 Recomendaciones.....	58
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS.....	62

## Índice de tablas

<b>Tabla I:</b> variable independiente .....	26
<b>Tabla II:</b> Operacionalizacion de la variable dependiente .....	27
<b>Tabla III:</b> población - muestras probetas .....	28
<b>Tabla IV:</b> población - muestras material.....	29
<b>Tabla V:</b> Resumen de la clasificación de suelos y contenido de humedad .....	41
<b>Tabla VI:</b> Resumen de resultados.....	41
<b>Tabla VII:</b> Proctor modificado suelo arcilloso vs adición al 4% .....	42
<b>Tabla VIII:</b> Proctor modificado suelo arcilloso vs adición al 7% .....	43
<b>Tabla IX:</b> Proctor modificado suelo arcilloso vs adición al 10% .....	44
<b>Tabla X:</b> Proctor modificado suelo arcilloso vs adición al 13% .....	45
<b>Tabla XI:</b> Resultado de ensayo de compresión no confinada al 4% adición .....	46
<b>Tabla XII:</b> Resultado de ensayo de compresión no confinada al 7% adición .....	47
<b>Tabla XIII:</b> Resultado de ensayo de compresión no confinada al 10% adición .....	48
<b>Tabla XIV:</b> Resultado de ensayo de compresión no confinada al 13% adición .....	49
<b>Tabla XV:</b> porcentaje de adición vs esfuerzo .....	50
<b>Tabla XVI:</b> porcentaje de adición vs esfuerzo .....	51
<b>Tabla XVII:</b> porcentaje de adición vs esfuerzo .....	52
<b>Tabla XVIII:</b> porcentaje de adición vs esfuerzo .....	53
<b>Tabla XIX:</b> porcentaje de adición vs esfuerzo .....	54
<b>Tabla XX:</b> porcentaje de adición vs esfuerzo .....	55



## Índice de figuras

<b>Fig 1:</b> clasificación de suelos .....	20
<b>fig. 2:</b> tamaño de partículas - clasificación.....	23
<b>Fig3:</b> flujo de procesos.....	30
<b>Fig 4:</b> ubicación del tramo en estudio 1km+500m .....	31
<b>Fig 5:</b> ubicación de los puntos de extracción a cada 250m entre si .....	32
<b>Fig 6:</b> primer punto de extracción (coordenadas) .....	32
<b>Fig 7:</b> segundo punto de extracción (coordenadas).....	33
<b>Fig 8:</b> tercer punto de extracción (coordenadas) .....	33
<b>Fig 9:</b> cuarto punto de extracción (coordenadas).....	33
<b>Fig 10:</b> quinto punto de extracción (coordenadas).....	34
<b>Fig 11:</b> sexto punto de extracción (coordenadas).....	34
<b>Fig 12:</b> calicata C-1 extracción (0+000) Av. México ).....	35
<b>Fig 13:</b> calicata C-02 (0+250) Av. México.....	35
<b>Fig 14:</b> calicata C-03 (0+500) Av. México.....	36
<b>Fig 15:</b> calicata C-04 (0+750) Av. México.....	36
<b>Fig 16:</b> calicata C-05 (1+000) Av. México .....	37
<b>Fig 17:</b> calicata C-06 (1+500) Av. México.....	37
<b>Fig 18:</b> ensayo de limite liquido .....	38
<b>Fig 19:</b> ensayo de limite plastico de las muestras .....	39
<b>Fig 20:</b> curva granulométrica.....	40
<b>Fig 21:</b> curva de compactación al 4% de adición .....	42
<b>Fig 22:</b> curva de compactación al 7% de adición.....	43
<b>Fig 23:</b> curva de compactación al 10% de adición.....	44
<b>Fig 24:</b> curva de compactación al 13% de adición .....	45
<b>Fig 25:</b> curva de esfuerzo vs deformación al 4% de adición .....	46
<b>Fig 26:</b> curva de esfuerzo vs deformación al 7% de adición.....	47
<b>Fig 27:</b> curva de esfuerzo vs deformación al 10% de adición .....	48
<b>Fig 28:</b> curva de esfuerzo vs deformación al 13% de adición .....	49
<b>Fig 29:</b> suelo/cemento vs suelo/cal vs suelo/ceniza de carbón en 4%,7%,10%y13%.....	50
<b>Fig 30:</b> suelo/cemento vs suelo/cal vs suelo/ceniza de carbón en 4%,7%,10%y13% .....	51
<b>Fig 31:</b> suelo/cemento vs suelo/cal vs suelo/ceniza de carbón en 4%,7%,10%y13% .....	52
<b>Fig 32:</b> suelo/cemento vs suelo/cal vs suelo/ceniza de carbón en 4%,7%,10%y13% .....	53
<b>Fig 33:</b> suelo/cemento vs suelo/cal vs suelo/ceniza de carbón en 4%,7%,10%y13% .....	54
<b>Fig 34:</b> suelo/cemento vs suelo/cal vs suelo/ceniza de carbón en 4%,7%,10%y13% .....	55

# ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS ENTRE LAS ADICIONES DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON PARA SUBRASANTE

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo realizar un estudio comparativo de las características físicas y mecánicas de un suelo arcilloso en combinación de tres tipos de adiciones; cemento, cal y ceniza de carbón en porcentajes de 4%, 7%, 10% y 13% con el fin de determinar con cuál de las tres adiciones, el suelo logra mejorar significativamente las características físicas y mecánicas para que sean utilizadas como material estabilizado de subrasante de un pavimento; dándole solución a la problemática de inestabilidad y baja capacidad de soporte del suelo arcilloso con bajo impacto ambiental y costo. La investigación es cuantitativa, utilizando técnicas de observación, análisis de documentos, normatividad, ensayos de mecánica de suelos y formatos para el proceso de información para comparar y determinar con cuál adición y en qué porcentaje el suelo arcilloso mejora sus características físicas y mecánicas para que sea aceptable como subrasante mejorada.

Se concluyó que las tres combinaciones dotaban de mejores características al suelo arcilloso a partir del 7% de adición, reduciendo plasticidad, permeabilidad y aumentando la trabajabilidad y resistencia, siendo la combinación suelo/cemento la que obtuvo mayor resistencia al 13% siendo este el óptimo, ya que al ser mayor esta combinación, la muestra se vuelve rígida, reduciendo su resistencia, la combinación suelo/cal a diferencia de la combinación suelo/cemento y suelo/ceniza de carbón, obtiene sus características de estabilización casi inmediato al entrar en contacto con el suelo ya que se activa con la mínima humedad, la combinación suelo/cal y suelo/ceniza de carbón a diferencia de la combinación suelo/cemento su resistencia no depende del tiempo de curado, por lo que es necesario curar solo 7 días, sin embargo la combinación suelo/cemento su resistencia dependerá del tiempo de curado.

**Palabras claves:** Arcillas/ estabilización/cemento portland/cal/ceniza de carbón/ suelo

## **Abstract**

The objective of this research was to carry out a comparative study of the physical and mechanical characteristics of a clay soil in combination of three types of additions; cement, lime and coal ash in percentages of 4%, 7%, 10% and 13% in order to determine which of the three additions, the soil manages to significantly improve the physical and mechanical characteristics so that they can be used as a stabilized material. subgrade of a pavement; providing a solution to the problem of instability and low support capacity of clay soil with low environmental impact and cost. The research is quantitative, using observation techniques, document analysis, regulations, soil mechanics tests and formats for the information process to compare and determine with which addition and in what percentage the clay soil improves its physical and mechanical characteristics so that acceptable as improved subgrade.

It was concluded that the three combinations provided better characteristics to the clay soil from 7% addition, reducing plasticity, permeability and increasing workability and resistance, with the soil/cement combination being the one that obtained the greatest resistance at 13%, this being the optimal one. , since the greater this combination, the sample becomes rigid, reducing its resistance, the soil/lime combination, unlike the soil/cement and soil/coal ash combination, obtains its stabilization characteristics almost immediately upon contact. with the soil since it is activated with minimal humidity, the soil/lime and soil/coal ash combination, unlike the soil/cement combination, its resistance does not depend on the curing time, so it is necessary to cure only 7 days, However, the soil/cement combination's resistance will depend on the curing time.

**Keywords:** Clays/stabilization/portland cement/lime/coal ash/soil

## I. INTRODUCCION

### 1.1. Realidad problemática

[1], expresa que el sistema de transporte urbano se ve afectado a causa del deterioro que presentan las vías pavimentadas, esto sumado al incremento del volumen vehicular, y el estado del camino, obliga al usuario a ocupar las vías por largo tiempo generando una sobre carga sobre la carpeta de rodadura para la cual muchas veces no fue diseñada, esto ejerce sobre cargas prolongadas sobre el pavimento favoreciendo al deterioro.

[2] afirma que el deterioro de la red vial y su pavimento, es por el inadecuado diseño estructural, y el espesor inadecuado de su estructura y sub rasante deficiente, esto sumado a los cambios bruscos de temperatura ( expansión y contracción), precipitaciones de alta intensidad (saturación del suelo) y las cargas excesivas por tiempo prolongado a la cual está sometido la estructura, ha generado la aparición de grietas, fisuras, hundimiento y ruptura del pavimento, reduciendo considerablemente el tiempo de vida útil, ocasionando un incremento de accidentes y pérdidas económicas.

[3] afirma que la construcción de más carretera de una excelente calidad con respecto a la durabilidad y resistencia, es la clave para el desarrollo y la economía en conjunto. El crecimiento de infraestructura vial siempre busca que un pavimento sea de menor costos y mayor eficiencia, en la actualidad los pavimentos urbanos no cumplen con los requerimientos mínimos de durabilidad y resistencia, siendo vulnerables a la aparición prematura de fallas estructurales, degradándose con el pasar de los años sin recibir ningún tipo de mantenimiento hasta su deterioro total.

[4] afirma que el cambio climático es un factor de alto impacto en el pavimento ya que influye en su composición y estado físico, los cambios o ciclos de temperatura, las lluvias intensas (saturación), heladas (ciclos de congelamiento) y otros, generan un deterioro que sumado al constante tránsito de vehículos pesados, así como la geografía y la topografía del lugar propician un impacto en la infraestructura del pavimento, propiciando el rápido deterioro, con la formación de fisuras y deformaciones dando así inicio a la destrucción del pavimento.

[5] afirma que todos los pavimentos sometidos a cargas superiores para los que fueron diseñados sufrirán una deformación inicial, esto sumado a una sub rasante no tratada, con un índice de plasticidad alto, generara acumulación de deformaciones destruyendo las capas del paquete estructural del mismo, principalmente cuando la sub rasante es débil, esto a causa del uso de espesores mínimos, u otras deficiencias en el proceso constructivo, obteniendo así pavimentos frágiles de baja resistencia, no cumpliendo con el ciclo completo de vida útil, ocasionando gastos de mantenimiento prematuros o no previstos.

[6] expresan que el fenómeno de la fatiga y ahuellamiento son los principales mecanismos de falla y deterioro estructural en los pavimentos asfálticos, ambos son el resultado de la acumulación de las deformaciones permanentes en la dirección vertical, por la cíclica y prolongada carga excesiva aplicada por los neumáticos, dando inicio a la aparición de fallas estructurales, acelerando su deterioro, esto a causa de suelos de alta plasticidad no tratados antes de ser usados como sub rasante de un pavimento.

[7] afirma que toda estructura vial que este colocada sobre una subrasante débil o fracturada sufrirá todo el tiempo de vida útil, sumado a una mala elección de pavimento, con espesores menores de capas a los cuales deberían ser diseñado según el volumen de tránsito, tipo y clima, generan pavimentos deficientes con un servicio de vida incompleto, generando mayores gastos en tiempos no previstos ya que surge la necesidad de mantenimiento prematuro, por ello los pavimentos que no tiene un debido mejoramiento de la sub rasante se consideran pavimentos frágiles.

[8] expresa que la destrucción que se presenta casi todos los años por el Fenómeno del Niño Costeros, es por la falta de planificación, la poca preocupación de mejorar los suelos y el mal desarrollo urbano, siendo toda la población la afectada, con pérdidas económicas y humanas. El mal diseño estructural, la no estabilización de los suelos de la sub rasante y talud, genera infraestructura frágil que no cumple con los requerimientos

exigidos según la demanda, da como resultado estructuras con reducido tiempo de vida útil, esto más la variación del clima y los cambios bruscos en la temperatura y a las altas precipitaciones que presenta la costa, da inicio al envejecimiento avanzado y la aparición de patologías (fisuras, grietas, erosión, pérdida de finos, rupturas y colapso) representando grandes pérdidas económicas para el país, con la necesidad de reconstrucción y reinversión.

En la investigación realizada por [9] afirma que el impacto de las precipitaciones de alta intensidad y de larga duración, no están previstas para el diseño de un pavimento en el norte del país, sumado a la poca práctica de estabilizar los suelos o tratarlos, genera pavimentos deficientes y de poca vida útil, lo que produce un alta vulnerabilidad en medio del crecimiento del espacio público, esto se refleja en la congestión del sistema urbano que afectando al pavimento de la vía, a causa del efecto de la sobrecarga vehicular, la alta temperatura de la zona y el mal diseño estructural, esto sumado a las precipitaciones de alta intensidad que se presenta por temporadas provocando inundaciones y huacos que afectaron directamente a las vías de acceso a diferentes puntos de país, con la erosión, ruptura y colapso de estructuras (carreteras, puentes, viviendas, entre otros) dejando aislados a los departamentos, generando grandes pérdidas de vida y económicas, ya que el mal estado de las vías genera el incremento de accidentes en las carreteras.

[10] afirma que el deterioro del pavimento se debe a un inadecuado diseño y un mal proceso constructivo, de tal modo que no cumple los parámetros de espesores según el tipo de carga y el tiempo de la misma, generando patologías menores que sumado a las altas precipitaciones y el clima de la ciudad (altas temperaturas), ocasionan el desgaste y deterioro del pavimento, ocasionando fallas por erosión, hundimiento, baches y ruptura del afirmado, ocasionando malestar en las personas que lo transitan y ocasionando caos vehicular.

[11] afirman que el pavimento flexible es muy utilizado en el país y el mundo a pesar que presenta problemas debido a su deterioro prematuro,

presentando patologías ha consecuencias de la inestabilidad de la subrasante provocando la falla de todo el paquete estructural que comprende un pavimento esto sumado a las condiciones climáticas, incremento del tráfico y errores constructivos, reduciendo significativamente el tiempo de vida útil para el cual fue diseñado, esto a causa de la severidad de las fallas que se presentan, ocasionando grandes pérdidas económicas para el país

[12], su investigación “Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimento rígido”, afirma que, todo pavimento que falla prematuramente es a causa del suelo donde es colocada la estructura, el suelo arcilloso es un problema que afecta a cualquier estructura ya que su comportamiento depende mucho del contenido de humedad, además de no tener una buena resistencia, el objetivo fue mejorar las características del suelo arcilloso mediante la estabilización con cal al 5%, se utilizó la metodología experimental, utilizando los ensayos de granulometría, gravedad específica, próctor, CBR y consolidación unidimensional, obteniendo como resultado que el suelo mejora sus cualidades mecánicas, como resultado se obtuvo un suelo con mejores características mecánicas volviendo apto para su uso como material de soporte para cualquier, concluyendo que la adición de cal al 5% genera una capa de material aceptable para ser usada como subrasante mejorada.

[13], con su investigación “Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante”, señala el principal problema en los suelos que constituyen la subrasante, es la presencia de arcilla, esto hace la aparición de deformaciones y baja resistencia, el objetivo fue mejorar las características del suelo arcilloso con las adiciones de cemento y cal, en los porcentajes de 2% a 6% cal y 2% a 16% cemento, se utilizó la metodología experimental sometiendo a los especímenes a los ensayos de los límites de Atterberg, corte directo, compresión inconfiada y CBR, para posteriormente ser comparadas, obteniendo como resultado que ambas adiciones mejoran significativamente las propiedades físicas, mecánicas y de deformación, concluyendo que

ambas adiciones son aptas para mejorar el suelo arcilloso para su uso como material mejorado.

[14], con su investigación “Mejoramiento de la Subrasante en vías de tercer orden”, señala que el principal problema en la infraestructura vial, es la necesidad de mejorar la subrasante con una adición estabilizante para mejorar su resistencia utilizando cemento, su objetivo fue determinar con qué porcentaje 8%,10%y 13%, de adición el suelo arcilloso mejoraba sus características para ser usado como subrasante, se utilizó la metodología experimental descriptiva, utilizando ensayos de CBR, se obtuvo como resultado que el suelo alcanzó mayor resistencia cuando la adición de cemento es al 13%, mejorando al suelo arcilloso al 100%, concluyendo que el cemento es una adición cementante que dota de mejores características físicas y mecánicas al suelo arcillosos convirtiéndolo en un material óptimo para su uso como subrasante mejorada.

[15], con su investigación “Características geotécnicas y otras de la arcilla de baja plasticidad tratada con cemento”, afirma que el problema en la actualidad es el crecimiento urbano desmedido que requiere de mejores estructuras, siendo los suelos de granos finos, especialmente los arcillosos sin mejorar los más usados para la construcción de carreteras, su objetivo fue estudiar el comportamiento del suelo arcilloso en combinación con el cemento en porcentajes de 2%,4% y 6%, para mejorar los suelos arcillosos de baja plasticidad, usando la metodología de ensayos de mecánica de suelos como compresión no confinada, tracción indirecta y permeabilidad de gases, obteniendo como resultado que la adición suelo cemento mejora las propiedades mecánicas, estas también variaron según su tiempo de curado, concluyendo que el suelo arcilloso mejora su comportamiento significativamente a medida que se aumentaba el porcentaje de adición y en relación al tiempo de curado.

[16] en su investigación “Estabilización de suelos arcillosos con Cal para el tratamiento de Subrasante en las calles de Abancay”, expresa que el principal problema en los pavimentos flexibles es la poca durabilidad, su objetivo principal fue determinar el óptimo porcentaje de Cal para lograr una



efectiva estabilización de suelo, usando porcentajes de 0 a 8% en intervalos de 2%, para mejorar sus características y elevar su resistencia, como metodología de estudio se utilizó los ensayos de los límites de Atterberg y CBR, obteniendo como resultado que la plasticidad y porcentaje de expansión se redujo al 8%, cumpliendo así con los requerimientos especificados según Norma Técnica para su uso como subrasante, concluyendo que la estabilización con Cal es aceptable y económica para construcción de pavimento sobre ella.

[17] en su investigación “Estabilización Química de suelo arcillosos con Cal para uso como subrasante en vías terrestres” expresa que el problema de todos los pavimentos, es el resultado de los suelos con baja resistencia portante, su objetivo es determinar el óptimo contenido de Cal con el cual el suelo arcilloso eleve su resistencia inicial, mediante la metodología de ensayos como: granulometría, LL, LP e IP, próctor modificado y CBR, en muestras en estado natural y en porcentajes de 9%, 15% y 21% de Cal, obteniendo como resultado que el porcentaje óptimo es de 15% aumentando el CBR de 3.3% a 5.9%, encapsulando sus partículas reduciendo el hinchamiento y expansión, aumentando la resistencia a la penetración, concluyendo que la Cal con su característica cementante brinda cualidades altas, pero se debe tener en cuenta el porcentaje adecuado para cada tipo de suelo ya que el exceso o en cantidades reducidas pierde estas características.

[18], con su investigación “evaluación de estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante de la Av. Cuzco”, afirma que el problema en los pavimentos en nuestro país, es el deterioro prematuro a causa de subrasante inestable, el objetivo de esta investigación es estabilizar el suelo arcilloso en combinación con ceniza de carbón en los porcentajes de 13%, 21% y 24%, para mejorar sus características y además reducir la contaminación ambiental, se utilizó la metodología experimental, sometiendo a los ensayos de los límites de Atterberg, Proctor Modificado y el CBR, obteniendo como resultado que el suelo mejoró significativamente sus características a medida que la adición, concluyendo que el suelo

arcilloso se estabilizo con un porcentaje de 24% de ceniza de carbón, haciéndolo apto como subrasante mejorada.

[19], con su investigación “Estabilización Química de suelos arcillosos para conformación de estructura de pavimento rígido utilizando cemento Portland tipo I”, afirma que el principal problema al construir un pavimento es una subrasante con un índice de plasticidad muy elevado, volviéndola muy frágil para cualquier estructura, teniendo como objetivo mejorar las características del suelo con la incorporación de cemento, utilizando la metodología de clasificación y resistencia, para determinar su variación de propiedades dependiendo del porcentaje de adición, utilizando de 2%,4% y 8%, se obtuvo como resultado una elevada resistencia comparada con la inicial al 8%, concluyendo que el cemento mejora las características de suelo en estudio de manera que es aceptable para su uso como subrasante para pavimento.

[20], en su investigación “Mejoramiento de propiedades mecánicas de suelos arcillosos mediante la incorporación de cenizas de carbón para vías carrózables”, afirma que el problema en las vías en la región es a causa de la baja resistencia del suelo, el objetivo fue mejorar sus características con la incorporación de ceniza de carbón como adición al 10%,15%y20%, se utilizó la metodología experimental sometiendo las muestras a ensayos de mecánica de suelos, como resultado se obtuvo que el suelo mejora considerablemente su resistencia en relación con el porcentaje de adición, concluyendo que la ceniza de carbón al 15% brinda las mejores cualidades no solo en resistencia si no en trabajabilidad, siendo esta aceptable para su uso como subrasante buena.

[21] con su investigación “Estabilización de suelos de alta plasticidad usando Cemento Portland”, afirma que el problema sobre el deterioro prematuro de los pavimentos es causado por no usar subrasantes mejoradas, teniendo como objetivo determinar la proporción adecuada de adición que permita obtener mejores características mecánicas adicionando el cemento Portland en los porcentajes de 7%, 10%,13%, 16%, 19% y 22% , para ello se utilizó la metodología experimental por medio de los ensayos,

como resultado se obtuvo un suelo con mejores características esto en relación al incremento de adición llegando a un óptimo contenido de 13%, concluyendo que el Cemento brinda mejores características en relación al porcentaje de adición – resistencia, por sus características cementantes.

[22], en su investigación “ Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas”, expresan la baja resistencia de los suelos en Chiclayo es un problema que limita la construcción, el objetivo de su investigación fue evaluar una nueva alternativa de estabilización de suelos con un bajo impacto ambiental y costo, usando cenizas de carbón como nueva alternativa de estabilización en porcentajes 7%,14% y 21% para evaluar su comportamiento, para ello se usó la metodología experimental por medio de ensayos como proctor standard, gravedad específica, granulometría y límites de Atterberg, obteniendo como resultado que la activación alcalina del suelo con la ceniza de carbón al 14% mejora significativamente la plasticidad del material reduciendo el agua, concluyendo que la adición en la mezcla en forma cementante y aumenta la resistencia en porcentaje de 7%, concluyendo que esta adición es aceptable para su uso en estabilización de vías no pavimentadas.

## **1.2. Formulación del problema**

¿de qué manera influye el cemento, cal y la ceniza de carbón, en la estabilización de los suelos arcillosos para subrasante, en la región Lambayeque para el año 2023?

## **1.3. Hipótesis**

las adiciones de cemento, cal y ceniza de carbón, y en qué porcentaje se logra la mejor estabilización de suelos arcillosos.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Realizar el estudio comparativo de estabilización de suelos arcillosos entre las adiciones de cemento, cal y ceniza de carbón en la región Lambayeque en el periodo 2023.

### Objetivos específicos

- Determinar las caracterización física y mecánica del suelo arcilloso en carretera pavimentada en el distrito de Mórrope - Lambayeque.
- Determinar las características físicas y mecánicas del suelo arcilloso con la incorporación de cemento, cal y ceniza de carbón, cada una por separada en los porcentajes de 4%,7%,10% y 13%.
- Comparar los resultados que se obtienen y determinar con cual adición y en qué porcentaje el suelo arcilloso alcanza la mayor resistencia.

### 1.5. Teorías relacionadas al tema

#### Los suelos

Según la [23] los suelos son partículas sólidas producto de la degradación de la roca que conforman la corteza terrestre que tiene características que lo hacen un material estructural capaz de soportar cargas. Pero esto dependerá del tamaño de partículas que lo componen siendo las más aceptable la que tenga todos los tamaños.

#### Clasificación de suelos

Según [24] es la determinación en cantidad de partículas en base a su tamaño en una proporción determinada.

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

**Fig 1:**clasificación de suelos  
*Fuente: MTC2014 – Manual de Carreteras suelos geotecnia y pavimentos*

#### Cemento

Según [25] expresa que es resultado de la trituración de la roca que mezclado con agua forman una pasta que permite su manejo y que fragua, y en estado endurecido obtiene características de resistencia en un determinado tiempo de vida útil.

## **Cal**

Según [26] resultado de la quema y pulverización de la roca caliza o calcita, la cual después de este proceso toma el nombre de Cal o óxido de calcio, que al agregarle agua se hidrata, dotando a la mezcla resistencia a corto plazo, que mezclado con arena forma un mortero con características estructurales.

## **Cenizas de carbón mineral**

Según [27], las cenizas volantes, las cuales son retenidas en el tamiz N°200, este es utilizado en distintos procesos, uno de ellos como material de relleno, esto a que no tiene puzolana, las cenizas de fondo, este material es el que queda en los filtros de la caldera y pasa el tamiz N°200, este material se le llama geopolímero, este logra obtener propiedades puzolánicas similares al cemento portland.

## **Estabilización**

Según [28] es la modificación o mejoramiento de las características de un suelo a través de incorporando productos naturales, químicos y sintéticos y procedimiento mecánico, Este proceso consiste en dotar de resistencia mecánica durante el tiempo. La estabilización de suelos es recomendable por razones medioambientales y económicas, donde las exigencias de la calidad son elevadas, obteniendo obras con mayor durabilidad ya que aumenta la resistencia a las cargas y esfuerzos a las que son sometidos.

## **Tipos de estabilización de suelos**

### **Estabilización mecánica**

Busca mejorar la resistencia del suelo sin cambiar su composición, utilizando la compactación, reduciendo el volumen de vacíos.

### **Estabilización física**

La estabilización física busca dotar al suelo de granulometría adecuada aportando material fino cohesivo o granulares, o utilizando Geotextiles, mejorando sus características mecánicas consolidando el suelo.

### **Estabilización química**

Según [29] La estabilización química es utilizada para controlar polvos, mejorando las características del suelo empleando agentes químicos naturales.

### **Estabilización con cal**

Según [30] es un proceso por el cual el suelo tiene una incorporación de cal en un determinado porcentaje que hará que su característica de resistencia aumente y reduciendo significativamente su plasticidad, facilitando así su manejo en los trabajos de construcción. La estabilización con Cal una mezcla cementante con optima humedad y granulometría fina que al someterse a la compactación elimina vacíos dejando una capa maciza con características mecánicas capaz de soportar esfuerzos, por ello los suelos finos son los más apropiados para estabilizar con Cal.

Según [31] la cal puede ser utilizada en suelos inestables modificando sus características reduciendo humedad, modificando sus características físicas y estabilizando sus partículas, reduciendo vacíos y dotando de resistencia.

### **Estabilización con cemento portland**

Según [32] es la mezcla del suelo natural con adición de cemento en un porcentaje determinado que en combinación con el agua forman un material con mejores características, que al ser sometida a la compactación y al curado brindan alta resistencia. Esto variara según el tipo y cantidad del suelo y la relación cemento, agua y del proceso constructivo y del tipo de curado.

### **Estabilización con cenizas de carbón**

La ceniza de carbón es un material orgánico producto final de la quema de madera formado por óxidos ácidos, los cuales proporcionan una reacción alcalina. Estas se activan en ambiente alcalino, formándose un gel que proporciona propiedades cerámicas y zeolíticas las cuales no se encuentran en materiales de cemento tradicional y genera aluminosilicatos que tienen una alta fracción de óxidos reactivos que reaccionan con un activador de silicato de sodio que conduce a una alta resistencia dentro de

un corto tiempo y en ambientes con temperaturas relativamente bajas, siendo el mejor activador para las cenizas de carbón de bajo contenido de calcio con cemento portland, de tal forma que si tiene mayor concentración de alcalinos se obtendrá mejores propiedades mecánicas.

### Granulometría

sirve para determinar en cantidad y tamaños un suelo de un determinado volumen [33].

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 4.75 mm
	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
Arena	Arena media: 2.00mm – 0.425mm
	Arcna fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Limo	0.075 mm – 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

**fig. 2:** tamaño de partículas - clasificación  
*Fuente: departamento de transportes de california*

### Contenido de humedad

Busca expresar en porcentaje el peso del agua que se encuentra en un determinado volumen de suelo en estado natural, esto mediante el proceso de secado controlado y constante con ayuda de un horno, siendo la diferencia entre el peso inicial de la muestra y el peso de la misma después de ser retirada del horno, siendo esta el peso del agua [34].

### limite líquido y limite plástico

es el porcentaje de agua del cual dependerá si el suelo se vuelve líquido, plástico o semirrígido, dependiendo de la cantidad que se le agregue a la mezcla. [35].

### compresión inconfiada

nos permite determinar la carga de compresión con la cual el suelo llega a fallar para determinar su resistencia, esto mediante un control de

deformaciones vs cargas, esto nos permitirá tener una idea de su comportamiento de suelo en campo. [36]

### **compactación –Proctor Modificado**

nos permite la eliminación de vacíos y generar una masa más compacta dándole al suelo de una mayor resistencia, permitiéndonos obtener el óptimo contenido de humedad para poder controlarlo en campo y se cumpla con lo requerido según la demanda. [35].

### **Impacto ambiental**

En la actualidad el mundo se encuentra en plan de crecimiento de infraestructura de la mano con protección y conservación del medio ambiente dándole relevancia a los ecosistemas, esto debido a la toma de conciencia humana con la reducción de consumo de energía para reducir la emisión de contaminantes. En todos los países que están en vía de desarrollo deben estar comprometidos de crear conciencia creando y fomentando la tecnología limpia y la ejecución obras civiles que estén de la mano con el medio ambiente y el bienestar común.

Debido a la necesidad de transporte eficiente se ha dado un aumento en la construcción, rehabilitación de pavimentos, para ello se utilizan gran cantidad de energía y esto genera gases de efecto invernadero, por ello se busca reducir el consumo de energía, reduciendo la eliminación de material existente, ya que requieren transporte, manejo y ubicación de gran movimiento de material (botaderos) los cuales modifican ecosistemas. Cuando seleccionamos un lugar de préstamo se debe tener en cuenta la alteración del ecosistema en la zona ya que no debe ser afectada para conservar la flora y fauna que ahí habita, y si es el caso plantar árboles removidos por necesidad del proyecto, también se debe tener en cuenta la emisión de gases producidos por el equipo y maquinaria que es utilizada en la ejecución de la obra.

### **Seguridad y salud ocupacional**

Según [37] seguridad en la construcción es muy importante para prevenir accidentes, y que trabajo se realice eficientemente, tiene como finalidad prevenir, garantizar la integridad del trabajador dentro de la obra.



Para el desarrollo de los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos, se utilizaron el equipamiento básico de protección.

### **Equipo de protección**

El equipo de protección individual es obligatorio para el desarrollo de cualquier actividad, si el personal está en obra, siendo lo básico los zapatos de protección, casco, lentes de seguridad, mascarilla y guantes. Adicionalmente, dependiendo del riesgo se dotará de tapones de oídos, respirador contra el polvo y arnés de línea de vida.

### **Gestión de riesgos y prevención de desastres**

Según [38] un desastre es un evento fortuito de carácter natural (inundaciones, sismos, etc) el cual obliga a el paro de las actividades, ocasionando pérdidas significativas, ya sean de vida o económicas.

Es por ello es de suma importancia tener un área de Gestión del Riesgo de Desastre, ayudando a prevenir o sobre llevar cuando se presente un reduciendo así los efectos y peligros.

## **II. METODO**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación**

La presente investigación es tipo cuantitativa permitiéndonos recolectar información de manera confiable y comparar los datos de la estabilización de suelos con adiciones de cemento, cal y ceniza de carbón en los porcentajes de 4%,7%,10% y 13%, con la finalidad de mejorar sus características físicas y mecánicas.

Su diseño de investigación será por medio de seis muestras extraídas de seis calicatas, cada muestra será sometida a la incorporación de adiciones diferente, en porcentajes iguales por separado, los cuales serán comparados entre los mismos porcentajes, pero de diferente adición y se determinara con cuál de ellas y en qué porcentaje el suelo arcilloso se vuelve apto para ser una subrasante mejorada.

## 2.2. Variable, operacionalización

En las tablas I y II se muestra la Operacionalización de la variable independiente

**Tabla I**  
*variable independiente*

Variable de estudio	Dimensiones	Indicadores	Subindicadores	Índice	Técnica de recolección de información	Instrumentos de medición
Cemento, cal y ceniza de carbón	Propiedades	Resistencia	Adición en porcentajes	Kg	Observación y análisis de documentos	Análisis de registro

**Tabla II**

*Operacionalización de la variable dependiente*

<b>Variable dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Sub indicadores</b>	<b>Técnica de recolección de información</b>	<b>Instrumentos de recolección de información</b>	<b>Instrumentos de medición</b>
Estabilización de suelos arcillosos	Características Del suelo de estudio en estado natural	Propiedades físicas	MTC E 101	Observación y análisis de documentos	Guía de observación	Formatos y ensayos en el laboratorio de materiales de la Universidad Señor De Sipán
			MTC E 107			
			MTC E 108			
			MTC E 110			
			MTC E 111			
		Propiedades Mecánicas	MTC E 115			
			MTC E 121			
	Características del suelo arcilloso con la incorporación cemento, cal y ceniza de carbón en diferentes porcentajes	Propiedades Físicas	MTC E 1101	Observación y análisis de documentos	Guía de observación	Formatos y ensayos en el laboratorio de materiales de la Universidad Señor De Sipán
			MTC E 1102			
		Propiedades Mecánicas	MTC E 1103			
			MTC E 1108			
			MTC E 1109			
			MTC E 121			

*Fuente: Elaboración propia.*

### 2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección población

es el total de las muestras y probetas utilizadas en estado natural y con adición separada de cemento, cal y ceniza de carbón con el suelo arcilloso y ensayadas según las Norma Técnica Peruana.

#### Muestra

Obtuvimos un total de 468 probetas, siendo 36 de suelo en estado natural, 144 probetas serán adicionadas con cemento, 144 probetas con Cal y 144 con Ceniza de Carbón, estas en los porcentajes de (4%,7%,10% y 13%). Independientemente, Los suelos fueron obtenidos de la Avenida Mexico del Distrito de Mórrope, Lambayeque – Lambayeque.

Se eligió dicha vía porque su pavimento fue cambiado en dos ocasiones por completo por presentar fallas y ruptura antes de 3 años de vida útil, esto a causa que no se realizó un mejoramiento de la sub rasante teniendo como material predominante arcilla y limo.

**Tabla III**  
*población - muestras probetas*

muestras	%adición	proctor modificado	compresión no confinada	n° de calicatas	sub total
suelo natural	0%	3	3	6	<b>36</b>
suelo cemento	4%	3	3	6	<b>36</b>
	7%	3	3	6	<b>36</b>
	10%	3	3	6	<b>36</b>
	13%	3	3	6	<b>36</b>
suelo arcilloso	4%	3	3	6	<b>36</b>
	7%	3	3	6	<b>36</b>
	10%	3	3	6	<b>36</b>
	13%	3	3	6	<b>36</b>
suelo/CC	4%	3	3	6	<b>36</b>
	7%	3	3	6	<b>36</b>
	10%	3	3	6	<b>36</b>
	13%	3	3	6	<b>36</b>
					<b>468</b>

*Fuente: elaboración propia*

Se obtuvieron un total de 174 muestras de suelo, utilizando 06 para el análisis granulométrico para su clasificación, 60 fueron sometidas al

ensayo de contenido de humedad, 60 para la determinación de límites de Atterberg, en estado natural y con adición.

**Tabla IV**  
*población - muestras material*

muestras	análisis granulométrico	contenido de humedad	límites de atterberg	n° de calicatas	sub total
suelo natural	1	1	1	6	12
suelo/cemento	0	3	6	6	54
<b>suelo arcilloso</b>					
suelo/cal	0	3	6	6	54
suelo/C C	0	3	6	6	54
					<b>174</b>

*Fuente: elaboración propia*

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### Técnicas de gabinete

**Observación** y recopilación de información que nos permitirán entender el proceso en campo.

### Técnicas de laboratorio

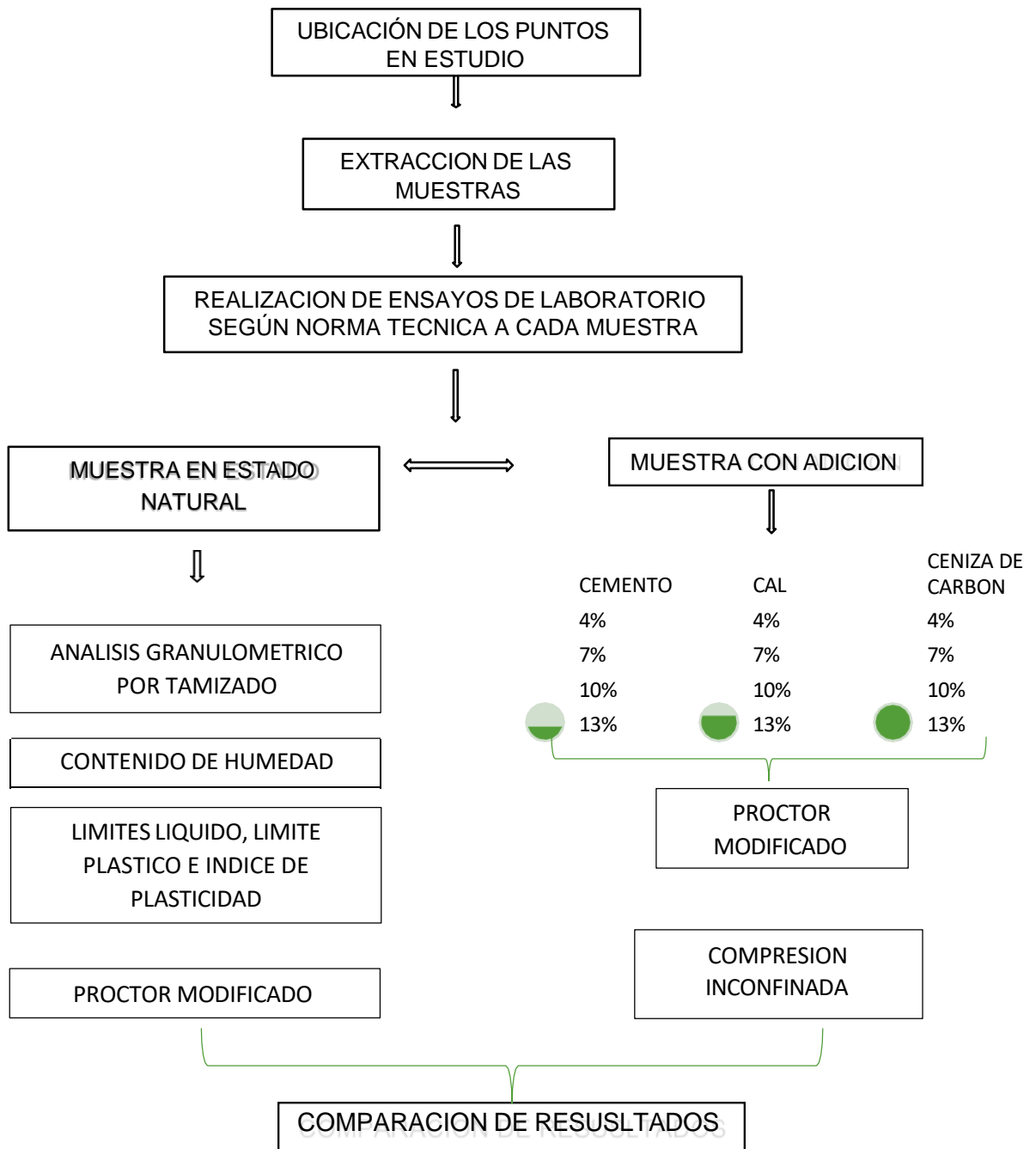
Recolección de datos por medio de la realización experimental y procesados por medio de hojas de cálculo, para ello se utilizarán los formatos de:

- Hoja de cálculo del análisis granulométrico por tamizado.
- Hoja de cálculo para determinar los límites de Atterberg.
- Hoja de cálculo para determinar el contenido de humedad.
- Hoja de cálculo del proctor modificado.
- Hoja de cálculo de compresión inconfiada

## 2.5. Procedimiento de análisis de datos

Se recolectará los datos según el análisis estadístico descriptivo, por ser datos cuantitativos, se codificarán y se almacenarán en forma adecuada en hojas de datos electrónicas, luego se analizarán bajo parámetros de comparación para probar la hipótesis. [39].

**Fig3:**flujo de procesos



Fuente: Elaboración propia

## Descripción del proceso

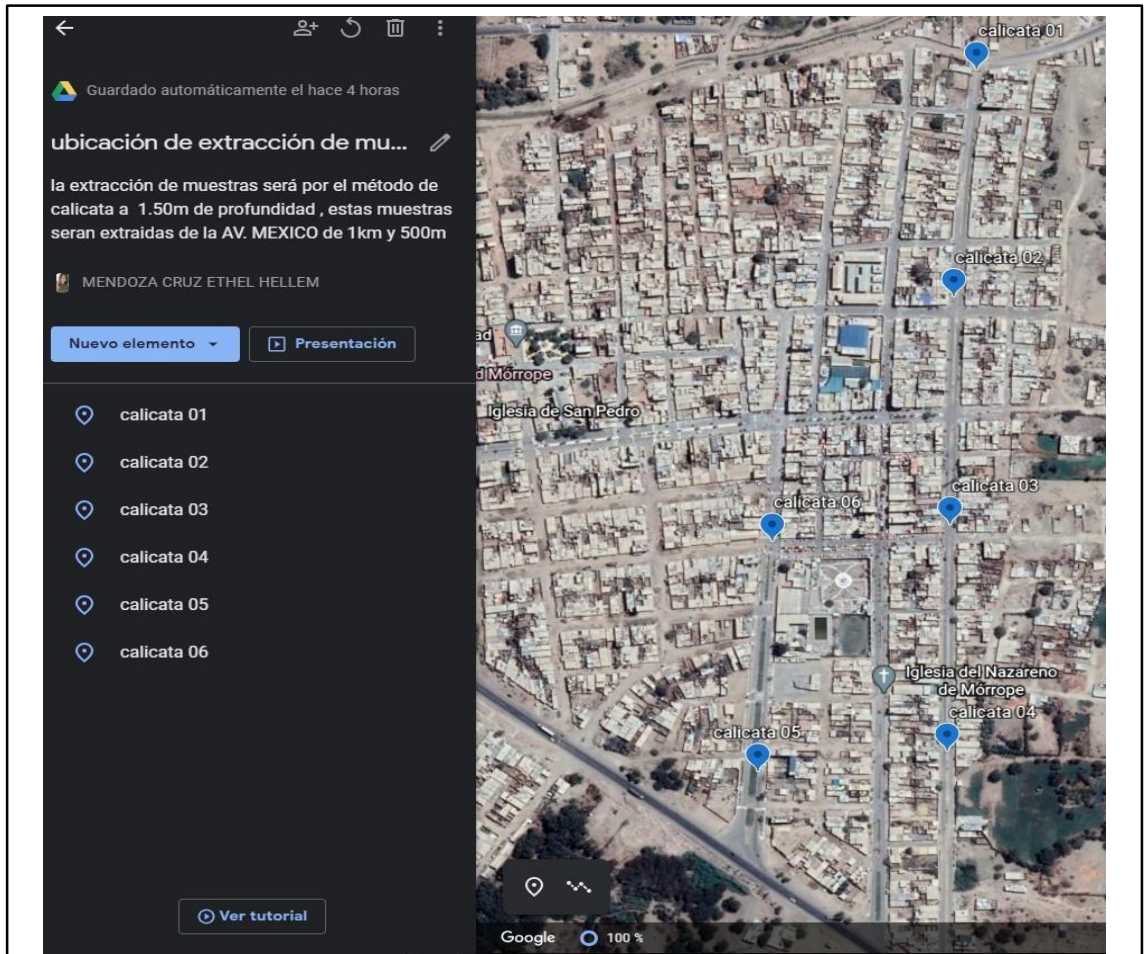
### a). Ubicación de los puntos en estudio

Se seleccionó la Av. Mexico del Distrito de Mórrope, como lugar de estudio ya que es una vía que presenta fallas a causa de una subrasante débil y ha sido cambiado en su totalidad dos veces en menos de 3 años, por ello se busca encontrar una solución. Seleccionamos un campo de estudio de un kilómetro y medio (1.5km).



**Fig 4:**ubicación del tramo en estudio 1km+500m  
Fuente: Elaboración propia.



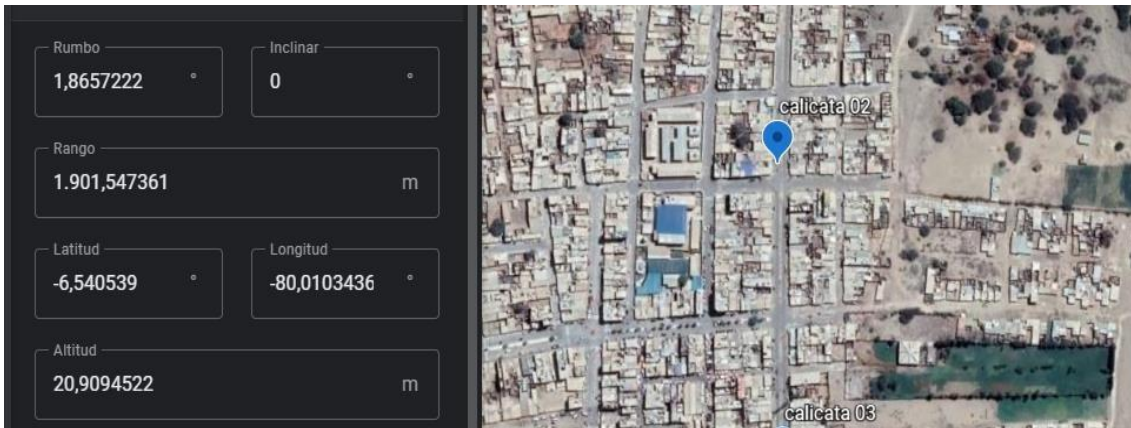


**Fig 5:**ubicación de los puntos de extracción a cada 250m entre si  
Fuente: Elaboración propia.

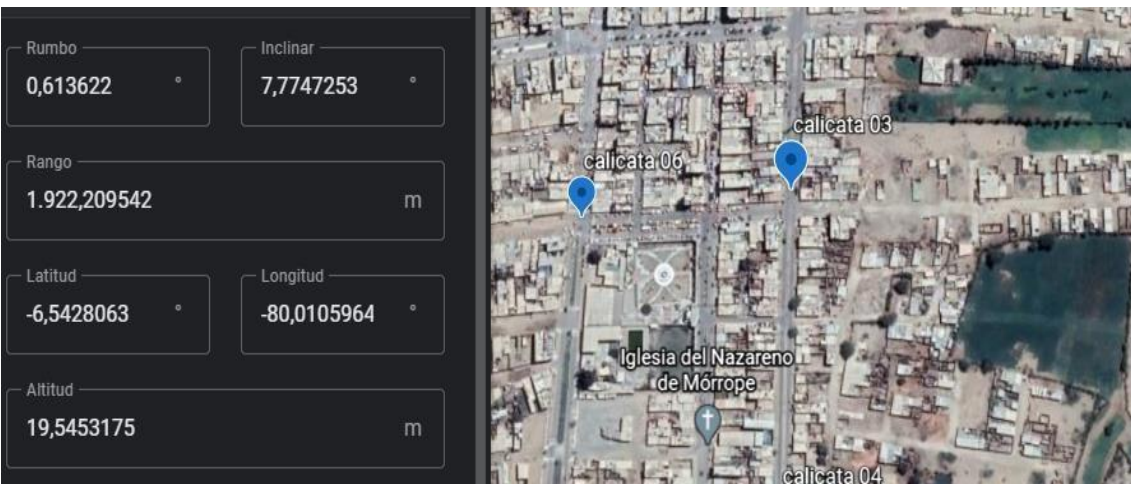


**Fig 6:**primer punto de extracción (coordenadas)  
Fuente: Elaboración propia.

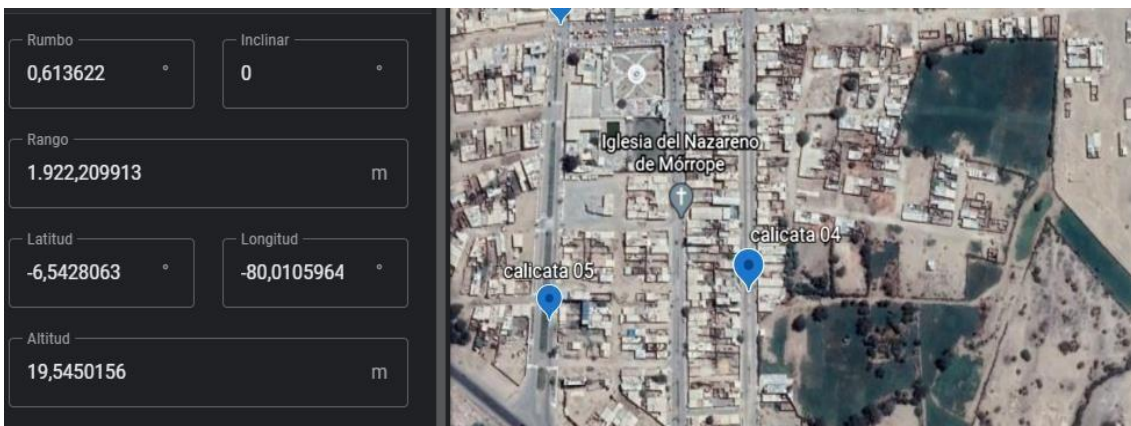




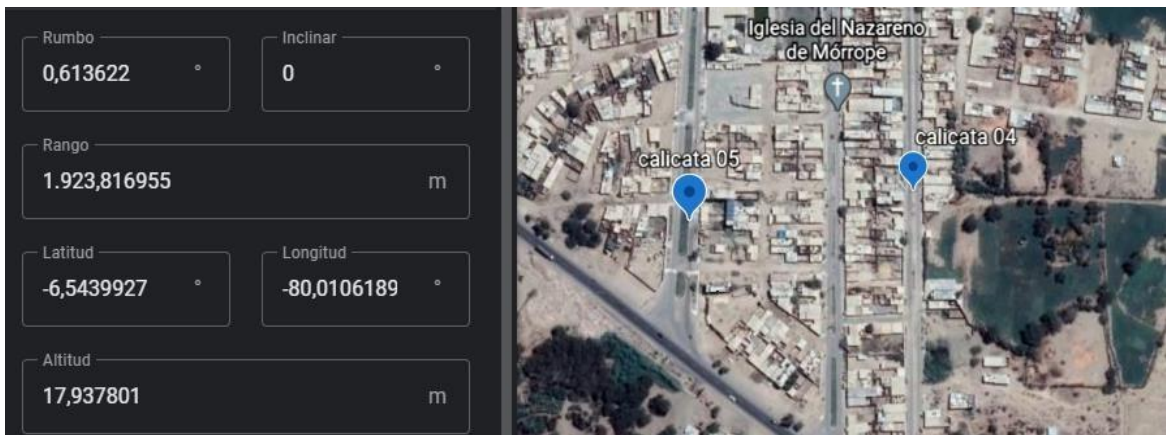
**Fig 7:**segundo punto de extracción (coordenadas)  
Fuente: Elaboración propia.



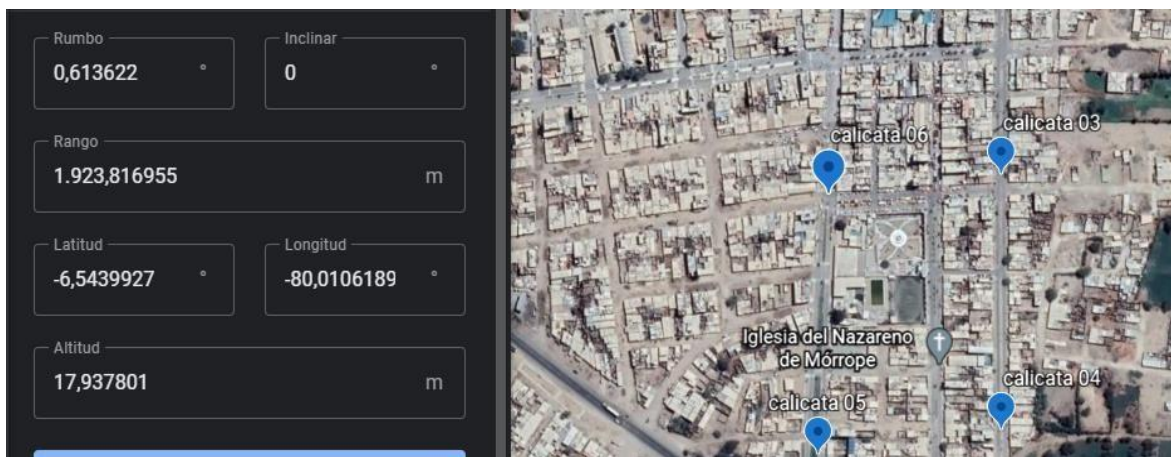
**Fig 8:**tercer punto de extracción (coordenadas)  
Fuente: Elaboración propia.



**Fig 9:**cuarto punto de extracción (coordenadas)  
Fuente: Elaboración propia.



**Fig 10:** quinto punto de extracción (coordenadas)  
Fuente: Elaboración propia.

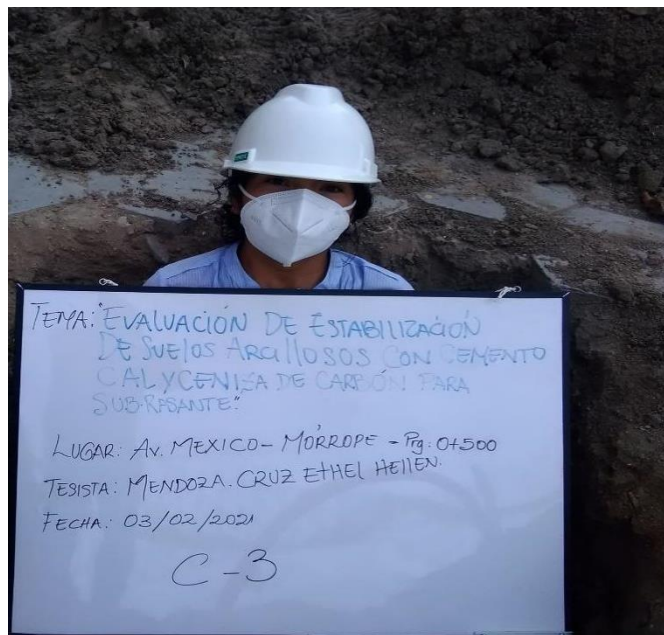


**Fig 11:** sexto punto de extracción (coordenadas)  
Fuente: Elaboración propia.



b). obtención de muestra





**Fig 14:**calicata C-03 (0+500) Av. México  
Fuente: elaboración propia



**Fig 15:**calicata C-04 (0+750) Av. México  
Fuente: elaboración propia



**Fig 16:**calicata C-05 (1+000) Av. México  
Fuente: elaboración propia



**Fig 17:**calicata C-06 (1+500) Av. México  
Fuente: elaboración propia



### 2.5.1. Ensayos realizados a las muestras extraídas de las seis calicatas

➤ **granulometría**

nos permite determinar la distribución de las partículas mediante una serie de tamices, teniendo en cuenta el material retenido y el que pasa cada una de las mallas hasta el fondo, generando la curva granulométrica según N.T.P 339.128, que nos ayudara a clasificar el suelo.

➤ **Contenido de humedad**

permite determinar el contenido de agua en peso del suelo en estudio en estado natural de las muestras extraídas de las seis calicatas, el ensayo se realizó según la NTP 339.127

➤ **Límites de Atterberg**

Se realizó este ensayo con el fin de determinar el limite líquido, limite plástico y el índice de plasticidad de cada muestra tanto en estado natural como con cada porcentaje de adición, para su realización se tuvo en cuenta los pasos a seguir según N.T.P.339.129.



**Fig 18:** ensayo de limite liquido  
Fuente: elaboración propia



➤ **Proctor modificado**

Nos permite a determinar el esfuerzo máximo y el óptimo contenido de humedad con el cual el suelo en estudio es más compacto, esto nos servirá para controlar la compactación en campo, el ensayo se realizó teniendo como guía la N.T.P. 339.141.

➤ **Compresión inconfiada**

Este ensayo nos permitió determinar el contenido de humedad de la muestra en estado natural y en combinación con las adiciones en los diferentes porcentajes para poder determinar la resistencia a la compresión, permitiéndonos visualizar la resistencia al corte mediante la gráfica de esfuerzo vs deformación, para su desarrollo se siguió los pasos señalados según la N.T.P.339.167

## 2.6. Criterios éticos

Según [40] nos expresa que garantiza el proceso de investigación mientras esta cumpla con las normas vigentes establecidas, dotando al profesional de seguridad en su desarrollo profesional.

Según [41] señala que se ejercerá la profesión respetando y haciendo respetar los procesos correctos manteniendo el honor y la dignidad de la profesión haciendo prevalecer el buen concepto de la profesión.

## III. RESULTADOS Y DISCUSION

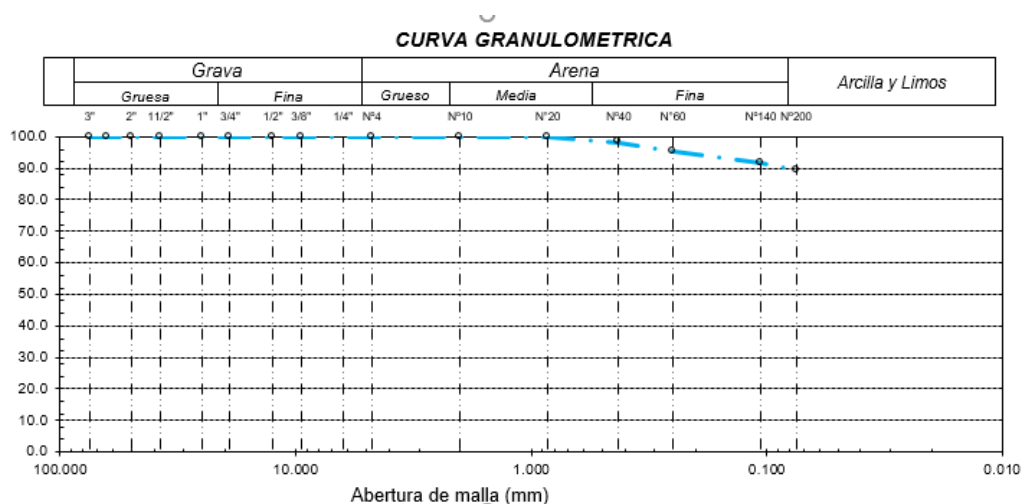
### 3.1. Resultados

para realizar los estudios primero se determinó la zona en estudio de un kilómetro y medio (1.5km), realizando se un total de seis calicatas con una distancia entre sí de 250m, posteriormente después de extraer las muestras, estas fueron llevadas al laboratorio para seguir con los ensayos establecido en la presente investigación.

#### Propiedades y características físicas del suelo en estudio

##### a. Análisis granulométrico del suelo

se realizó el análisis granulométrico en base al MTC E 107.



**Fig 20:** curva granulométrica

Fuente: elaboración propia



Interpretando los resultados obtenidos se procedió a clasificar el suelo en base a la curva granulométrica observando que más del 50% de la muestra pasa el tamiz No.200, denominándolo como limos y arcilla, pero al tener un LL <50 SE CLASIFICA como arcilla(CL) ó limo (ML) Según AASTHO: LL ≤40 y ≥41 y el IP es ≥11. se clasifica como suelo arcilloso, también se determinó el contenido de humedad

**Tabla V**  
*Resumen de la clasificación de suelos y contenido de humedad*

DESCRIPCION		LIMITES			CLASIFICACION	
CALICATA	C.H	LL	LP	IP	S.UC.S	AASHTO
<b>C-01</b>	0.45	39.19	21.7	17.49	A-6 (11)	<b>ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD</b>
<b>C-02</b>	1.4	41.7	21.7	20	A-7-6(12)	<b>ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD</b>
<b>C-03</b>	0.59	45.74	23.04	22.69	A-7-6(14)	<b>ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD</b>
<b>C-04</b>	1.49	39.53	21.7	17.83	A-6 (11)	<b>ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD</b>
<b>C-05</b>	0.45	39.19	21.7	17.49	A-6 (11)	<b>ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD</b>
<b>C-06</b>	<b>0.83</b>	<b>38.87</b>	<b>21.7</b>	<b>17.17</b>	<b>A-6 (11)</b>	<b>ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD</b>

*Fuente: elaboración propia*

**b. Límites de Atterberg**

**Tabla VI**  
*Resumen de resultados*

DESCRIPCION	LIMITES			
CALICATA	C.H	LL	LP	IP
<b>C-01</b>	0.45	39.19	21.7	<b>17.49</b>
<b>C-02</b>	1.4	41.7	21.7	<b>20</b>
<b>C-03</b>	0.59	45.74	23.04	<b>22.69</b>
<b>C-04</b>	1.49	39.53	21.7	<b>17.83</b>
<b>C-05</b>	0.45	39.19	21.7	<b>17.49</b>
<b>C-06</b>	<b>0.83</b>	<b>38.87</b>	<b>21.7</b>	<b>17.17</b>

*Fuente: elaboración propia*

Según los datos obtenidos de los ensayos, los rangos de los resultados oscilan de 17.17 a 17.49 son suelo con mediana plasticidad y

los rangos que oscilan de 20 a 22.69 son arcillas de alta plasticidad.

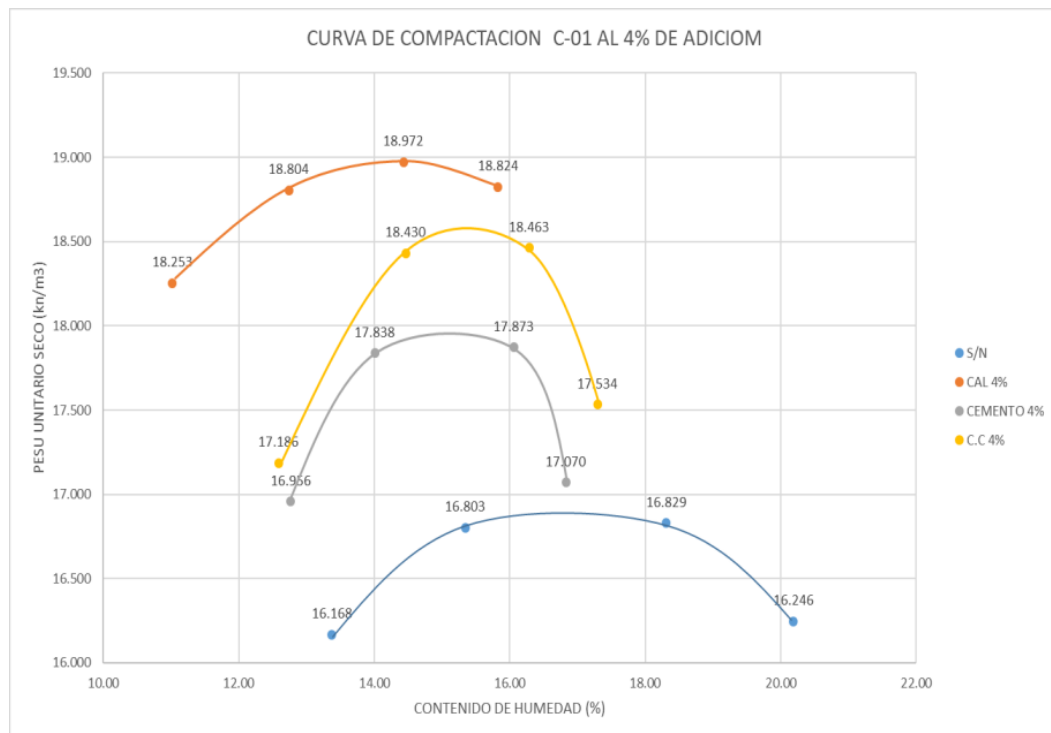
**c. Proctor modificado**

Se obtuvieron los resultados del ensayo su máxima densidad seca y su optimo contenido de humedad, esto en estado natural y con incorporación de las adiciones en los diferentes porcentajes para determinar su grado de compactación dependiendo la carga sometida. Este ensayo fue realizado teniendo como guía la N.T.P.339.141 y MTC E 115.

**Tabla VII**  
*Proctor modificado suelo arcilloso vs adición al 4%*

C.H. SUELO O N (%)	PESO UNITARIOS (KN/M <sup>3</sup> )	C.H. SUELO N (%) CAL 4%	PESO UNITARIOS (KN/M <sup>3</sup> )	C.H. SUELO N (%) CEMENT 4%	PESO UNITARIOS (KN/M <sup>3</sup> )	C.H. SUELO O N (%) C.C4 %	PESO UNITARIOS (KN/M <sup>3</sup> )
13,37	16,168	11,02	18,253	12,76	16,956	12,59	17,186
15,34	16,803	12,74	18,804	14,01	17,838	14,46	18,430
18,31	16,829	14,43	18,972	16,06	17,873	16,29	18,463
20,19	16,246	15,83	18,824	16,83	17,070	17,29	17,534

Fuente: elaboración propia

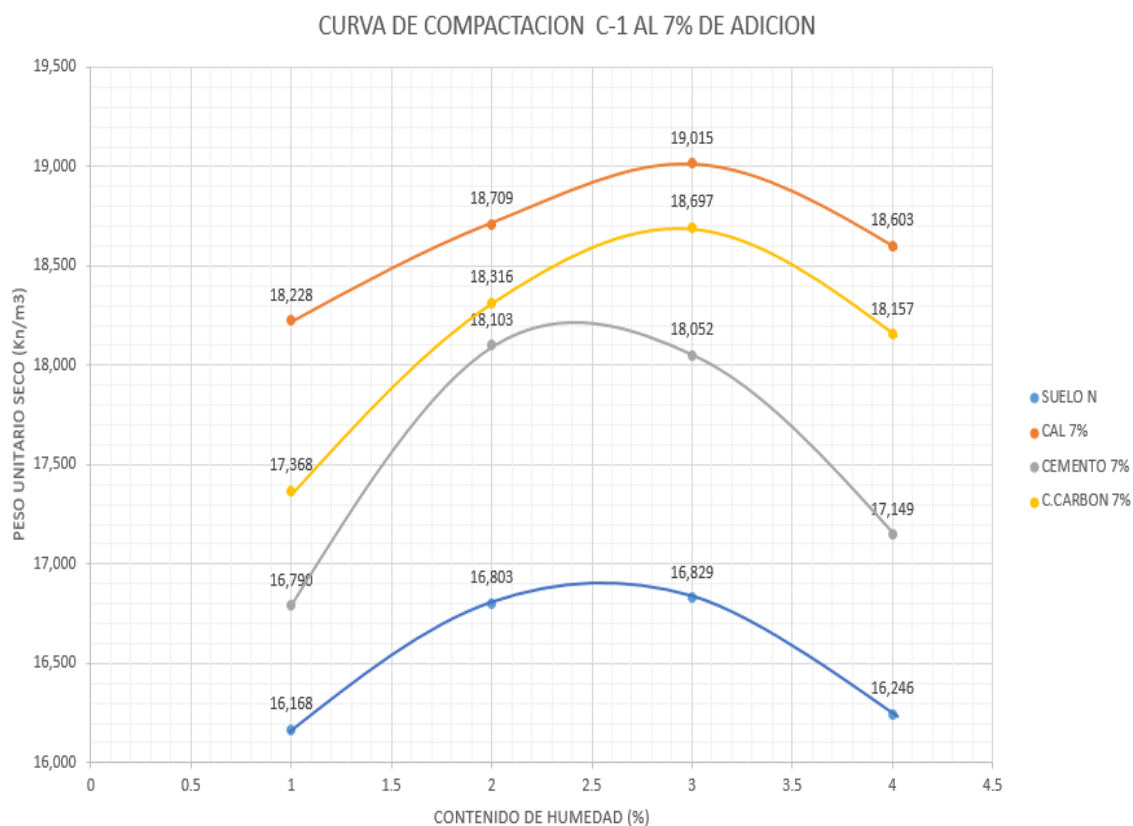


**Fig 21:** curva de compactación al 4% de adición  
Fuente: elaboración propia

**Tabla VIII**  
Proctor modificado suelo arcilloso vs adición al 7%

C.H. SUELO N (%)	PESO UNITARIOS (KN/M3)	C.H. SUELO N (%) CAL 7%	PESO UNITARIOS (KN/M3)	C.H. SUELO N (%) CEMENT 7%	PESO UNITARIOS (KN/M3)	C.H. SUELO N (%) C.C7%	PESO UNITARIOS (KN/M3)
13,37	16,168	10,77	18,228	11,53	16,790	11,17	17,368
15,34	16,803	12,15	18,709	13,09	18,103	12,57	18,316
18,31	16,829	13,84	19,015	15,13	18,052	13,94	18,697
20,19	16,246	15,41	18,603	16,65	17,149	16,01	18,157

Fuente: elaboración propia

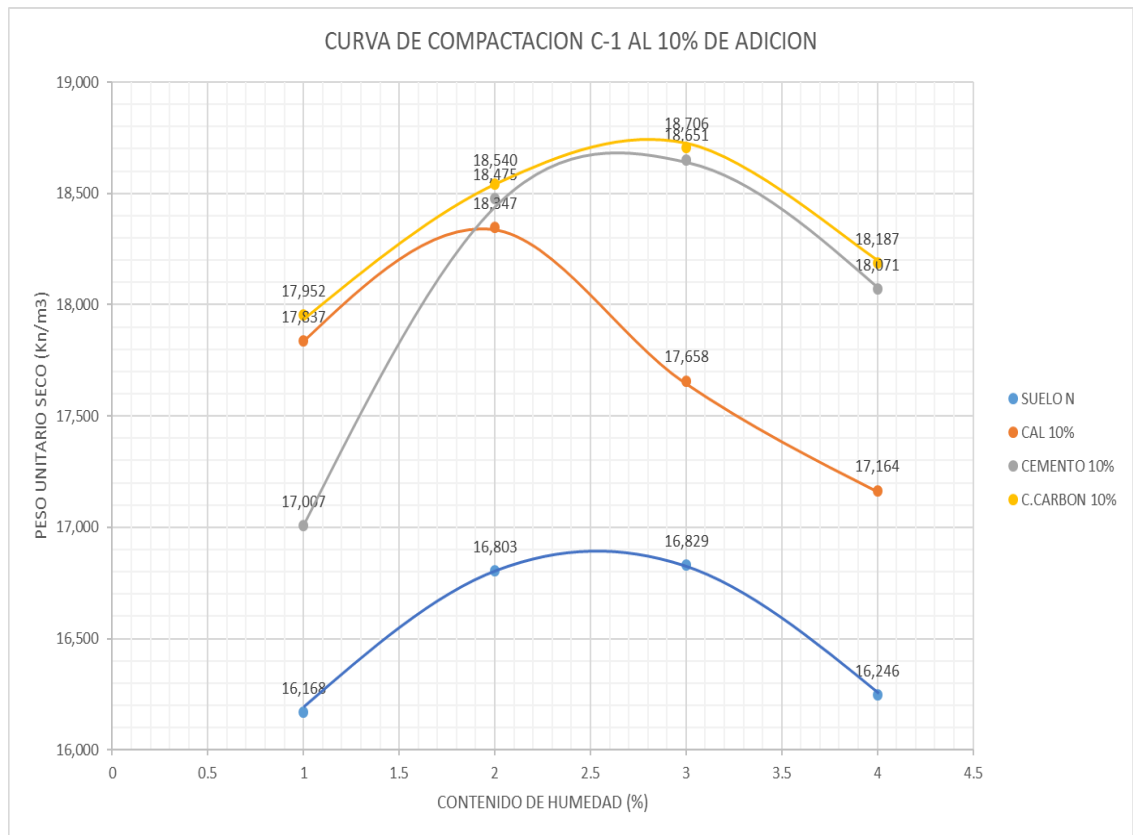


**Fig 22:** curva de compactación al 7% de adición  
Fuente: elaboración propia

**Tabla IX**  
*Proctor modificado suelo arcilloso vs adición al 10%*

C.H. SUELO N (%)	PESO UNITARIOS (KN/M3)	C.H. SUELO N CAL 10%	PESO UNITARIOS (KN/M3)	C.H. SUELO N (% CEMENT 10%)	PESO UNITARIOS (KN/M3)	C.H. SUELO N (% C.C10 %)	PESO UNITARIOS (KN/M3)
13,37	16,168	11,98	17,837	11,09	17,007	11,09	17,952
15,34	16,803	13,79	18,347	12,44	18,475	12,44	18,540
18,31	16,829	15,17	17,658	14,50	18,651	14,50	18,706
20,19	16,246	16,79	17,164	16,28	18,071	16,28	18,187

*Fuente: elaboración propia*

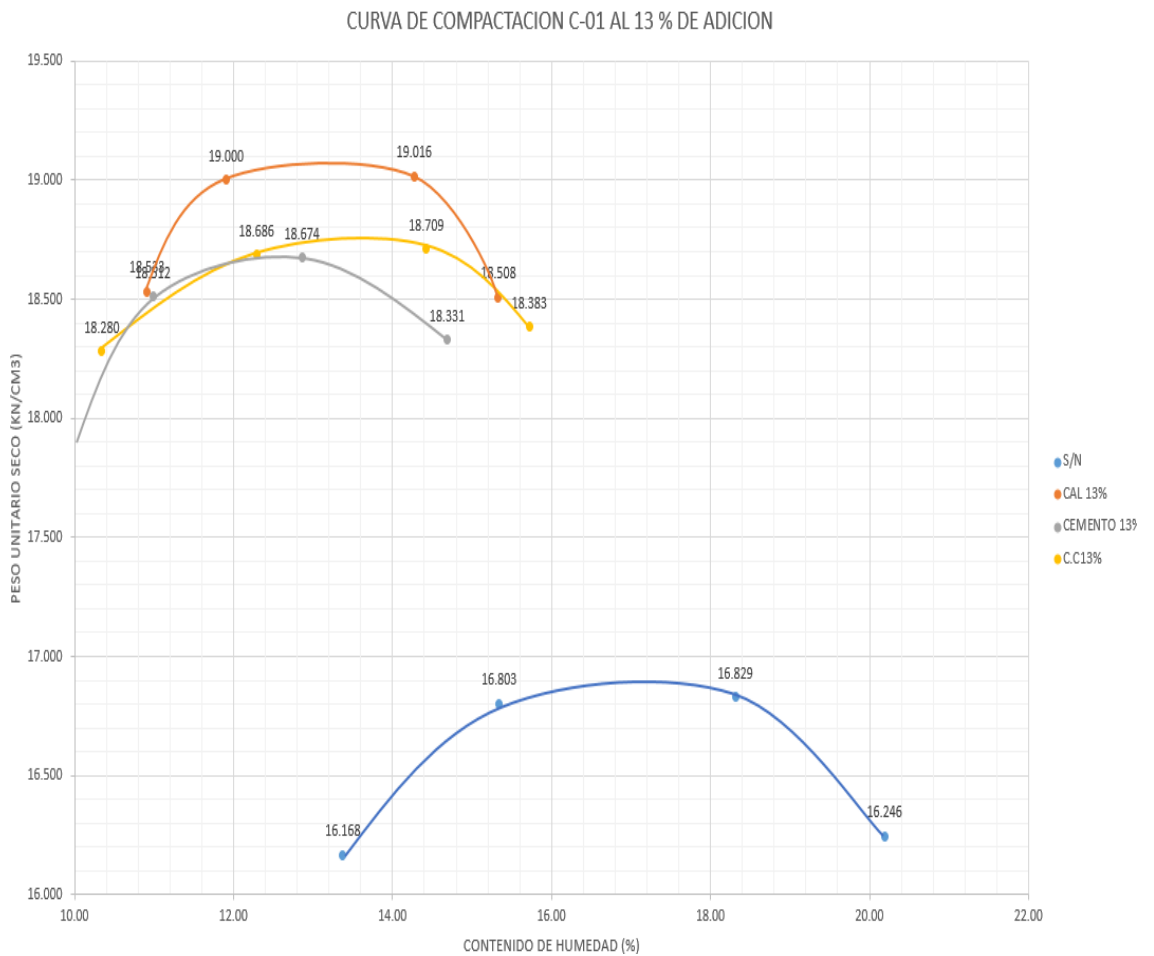


**Fig 23:** curva de compactación al 10% de adición  
*Fuente: elaboración propia*

**Tabla X**  
*Proctor modificado suelo arcilloso vs adición al 13%*

C.H. SUELO N (%)	PESO UNITARIOS (KN/M3)	C.H. SUELO N (%) CAL 13%	PESO UNITARIOS (KN/M3)	C.H. SUELO N (%) CEMENT 13%	PESO UNITARIOS (KN/M3)	C.H. SUELO N (%) C.C13 %	PESO UNITARIOS (KN/M3)
13,37	16,168	10,91	18,533	9,41	17,876	10,34	18,280
15,34	16,803	11,91	19,000	10,98	18,512	12,29	18,686
18,31	16,829	14,27	19,016	12,86	18,674	14,42	18,709
20,19	16,246	15,33	18,508	14,69	18,331	15,72	18,383

*Fuente: elaboración propia*



**Fig 24:** curva de compactación al 13% de adición  
*Fuente: elaboración propia*

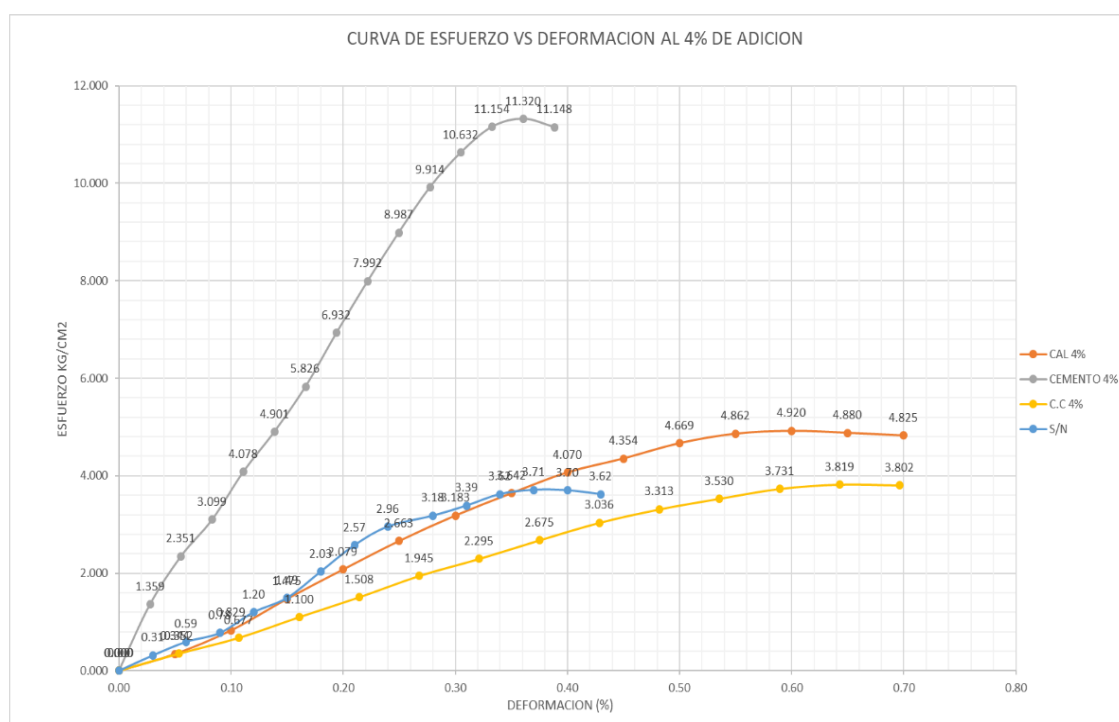
**d. Compresión no confinada**

**Tabla XI**

*Resultado de ensayo de compresión no confinada al 4% adición*

SUELO NATURAL		CAL 4%		CEMENTO 4%		C. CARBON 4%	
ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION
0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.344	0.05	1.36	0.03	0.35	0.05	0.31	0.03
0.829	0.1	2.35	0.06	0.68	0.11	0.59	0.06
1.475	0.15	3.10	0.08	1.10	0.16	0.78	0.09
2.079	0.2	4.08	0.11	1.51	0.21	1.2	0.12
2.663	0.25	4.90	0.14	1.95	0.27	1.49	0.15
3.183	0.3	5.83	0.17	2.30	0.32	2.03	0.18
3.642	0.35	6.93	0.19	2.68	0.38	2.57	0.21
4.070	0.4	7.99	0.22	3.04	0.43	2.96	0.24
4.354	0.45	8.99	0.25	3.31	0.48	3.18	0.28
4.669	0.5	9.91	0.28	3.53	0.54	3.39	0.31
4.862	0.55	10.63	0.31	3.73	0.59	3.62	0.34
4.920	0.6	11.15	0.33	3.82	0.64	3.71	0.37
4.880	0.65	11.32	0.36	3.80	0.70	3.7	0.4
4.825	0.7	11.15	0.39	3.69	0.75	3.62	0.43

*Fuente: elaboración propia*



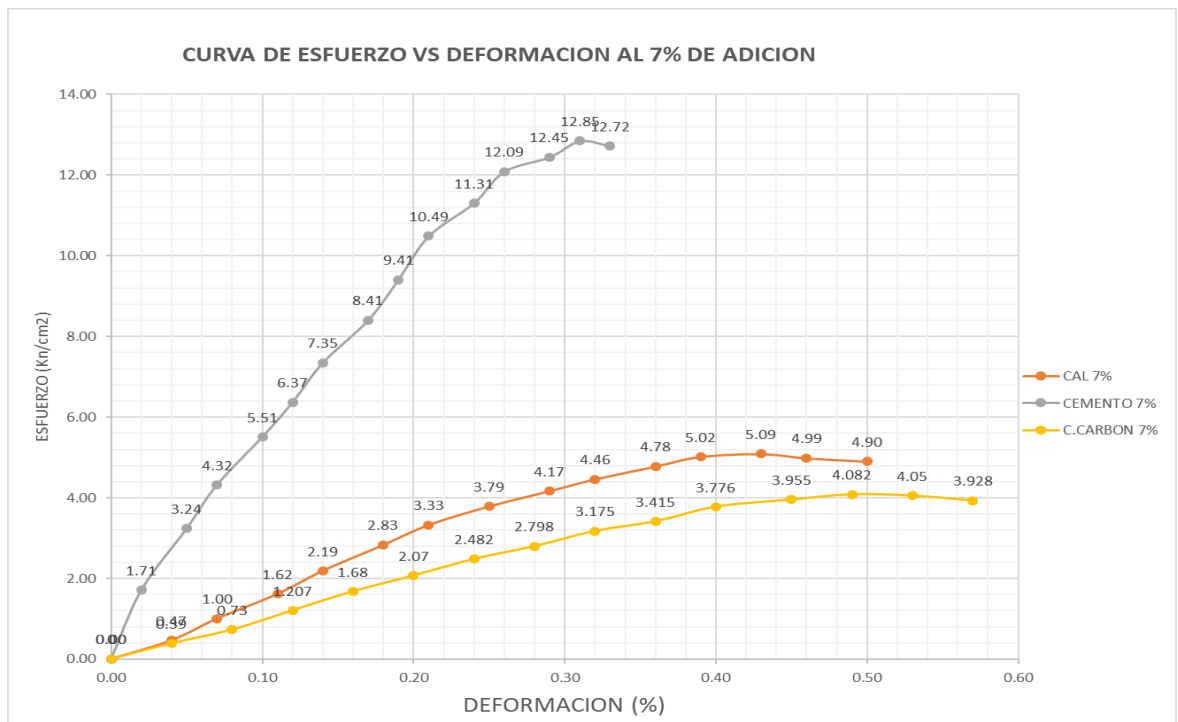
**Fig 25:** curva de esfuerzo vs deformación al 4% de adición

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla XII**  
**Resultado de ensayo de compresión no confinada al 7% adición**

SUELO NATURAL		CAL 7%		CEMENTO 7%		C. CARBON 7%	
ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION
0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.344	0.05	0.47	0.04	1.71	0.02	0.39	0.04
0.829	0.1	1.00	0.07	3.24	0.05	0.73	0.08
1.475	0.15	1.62	0.11	4.32	0.07	1.207	0.12
2.079	0.2	2.19	0.14	5.51	0.10	1.68	0.16
2.663	0.25	2.83	0.18	6.37	0.12	2.07	0.2
3.183	0.3	3.33	0.21	7.35	0.14	2.482	0.24
3.642	0.35	3.79	0.25	8.41	0.17	2.798	0.28
4.070	0.4	4.17	0.29	9.41	0.19	3.175	0.32
4.354	0.45	4.46	0.32	10.49	0.21	3.415	0.36
4.669	0.5	4.78	0.36	11.31	0.24	3.776	0.4
4.862	0.55	5.02	0.39	12.09	0.26	3.955	0.45
4.920	0.6	5.09	0.43	12.45	0.29	4.082	0.49
4.880	0.65	4.99	0.46	12.85	0.31	4.05	0.53
4.825	0.7	4.90	0.50	12.72	0.33	3.928	0.57

*Fuente: elaboración propia*



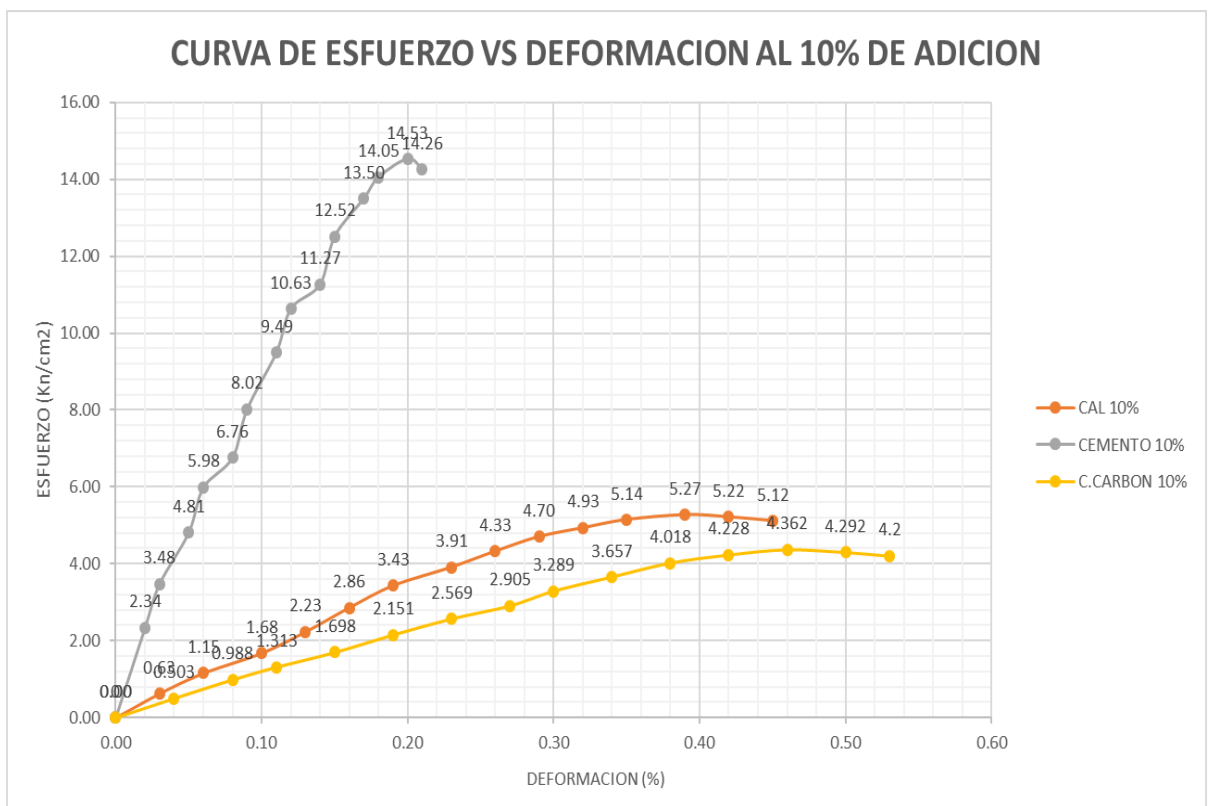
**Fig 26:** curva de esfuerzo vs deformación al 7% de adición

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla XIII**  
*Resultado de ensayo de compresión no confinada al 10% adición*

SUELO NATURAL		CAL 10%		CEMENTO 10%		C. CARBON 10%	
ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION
<b>0</b>	<b>0</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0	<b>0</b>
<b>0.314</b>	0.03	0.63	0.03	2.34	0.02	0.503	<b>0.04</b>
<b>0.594</b>	0.06	1.15	0.06	3.48	0.03	0.988	<b>0.08</b>
<b>0.776</b>	0.09	1.68	0.10	4.81	0.05	1.313	<b>0.11</b>
<b>1.199</b>	0.12	2.23	0.13	5.98	0.06	1.698	<b>0.15</b>
<b>1.494</b>	0.15	2.86	0.16	6.76	0.08	2.151	<b>0.19</b>
<b>2.034</b>	0.18	3.43	0.19	8.02	0.09	2.569	<b>0.23</b>
<b>2.574</b>	0.21	3.91	0.23	9.49	0.11	2.905	<b>0.27</b>
<b>2.958</b>	0.24	4.33	0.26	10.63	0.12	3.289	<b>0.3</b>
<b>3.18</b>	0.28	4.70	0.29	11.27	0.14	3.657	<b>0.34</b>
<b>3.387</b>	0.31	4.93	0.32	12.52	0.15	4.018	<b>0.38</b>
<b>3.623</b>	0.34	5.14	0.35	13.50	0.17	4.228	<b>0.42</b>
<b>3.709</b>	0.37	5.27	0.39	14.05	0.18	4.362	<b>0.46</b>
<b>3.7</b>	0.4	5.22	0.42	14.53	0.20	4.292	<b>0.5</b>
<b>3.62</b>	<b>0.43</b>	<b>5.12</b>	<b>0.45</b>	<b>14.26</b>	<b>0.21</b>	<b>4.2</b>	<b>0.53</b>

Fuente: elaboración propia



**Fig 27:** curva de esfuerzo vs deformación al 10% de adición  
 Fuente: elaboración propia

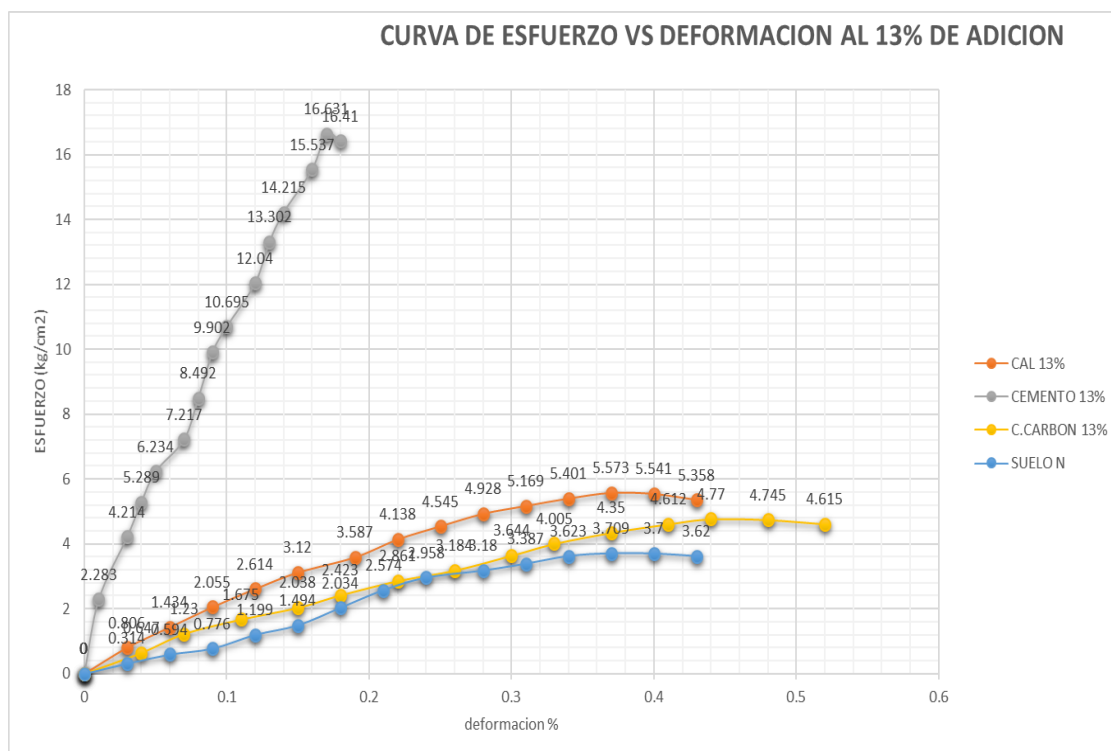


**Tabla XIV**

*Resultado de ensayo de compresión no confinada al 13% adición*

SUELO NATURAL		CAL 13%		CEMENTO 13%		C. CARBON 13%	
ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION	ESFUERZO	DEFORMACION
RZO	ACION	RZO	ACION	RZO	ACION	RZO	ACION
0	0	0	0	0	0	0	0
0.314	0.03	0.806	0.03	2.283	0.01	0.647	0.04
0.594	0.06	1.434	0.06	4.214	0.03	1.23	0.07
0.776	0.09	2.055	0.09	5.289	0.04	1.675	0.11
1.199	0.12	2.614	0.12	6.234	0.05	2.038	0.15
1.494	0.15	3.12	0.15	7.217	0.07	2.423	0.18
2.034	0.18	3.587	0.19	8.492	0.08	2.861	0.22
2.574	0.21	4.138	0.22	9.902	0.09	3.184	0.26
2.958	0.24	4.545	0.25	10.695	0.1	3.644	0.3
3.18	0.28	4.928	0.28	12.04	0.12	4.005	0.33
3.387	0.31	5.169	0.31	13.302	0.13	4.35	0.37
3.623	0.34	5.401	0.34	14.215	0.14	4.612	0.41
3.709	0.37	5.573	0.37	15.537	0.16	4.77	0.44
3.7	0.4	5.541	0.4	16.631	0.17	4.745	0.48
3.62	0.43	5.358	0.43	16.41	0.18	4.615	0.52

Fuente: elaboración propia



**Fig 28:** curva de esfuerzo vs deformación al 13% de adición

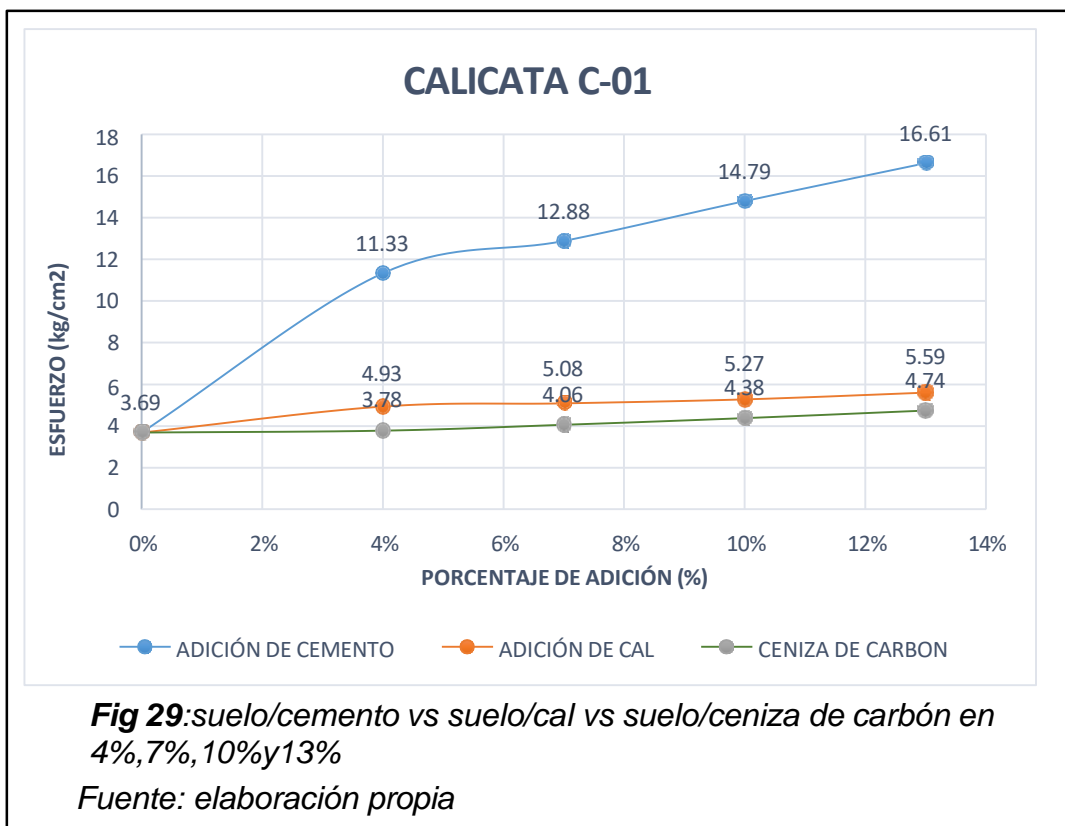
Fuente: elaboración propia

## Determinación de la mejor adición para estabiliza el suelo arcilloso

**Tabla XV**  
*porcentaje de adición vs esfuerzo*

Calicata C-01			
% de adición	cemento esfuerzo(kg/c m3)	Cal esfuerzo(kg/c m3)	Ceniza carbón esfuerzo(kg/c m3)
0%	3.69kg/	3.69	3.69
4%	11.33	4.93	3.78
7%	12.88	5.08	4.06
10%	14.79	5.27	4.38
13%	16.61	5.59	4.74

*fuentes: elaboración propia*

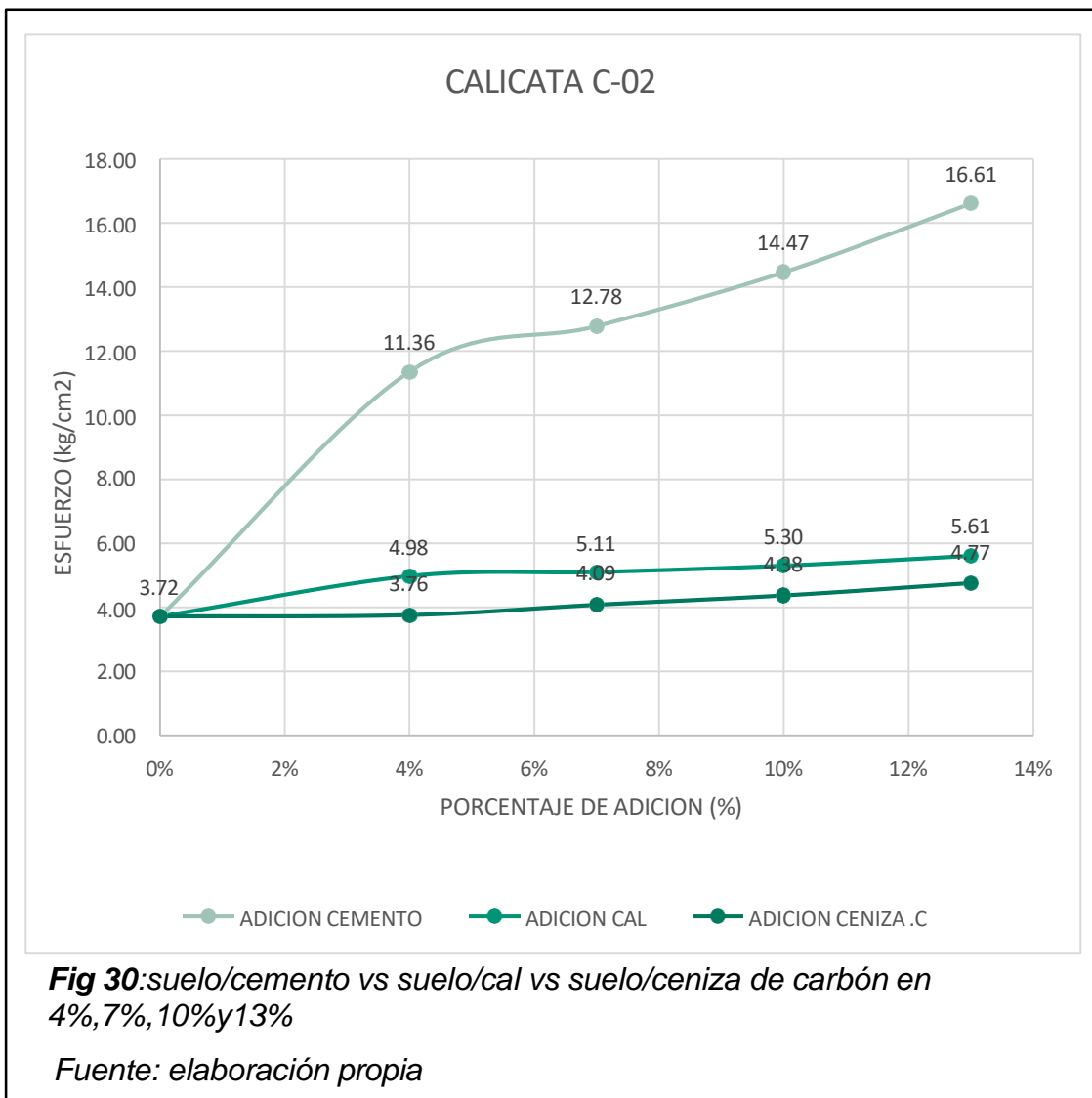


mediante la gráfica se determinó que todas las combinaciones mejoran significativamente sus características mecánicas en relación esfuerzo vs porcentaje de adición, siendo la mejor combinación la suelo/cemento al 13%.

**Tabla XVI**  
*porcentaje de adición vs esfuerzo*

Calicata C-02			
% de adición	cemento esfuerzo(kg/cm3)	Cal esfuerzo(kg/cm3)	Ceniza carbón esfuerzo(kg/cm3)
0%	3.60	3.60	3.60
4%	11.33	4.96	3.83
7%	12.88	5.08	4.06
10%	14.41	5.27	4.38
13%	16.61	5.60	4.75

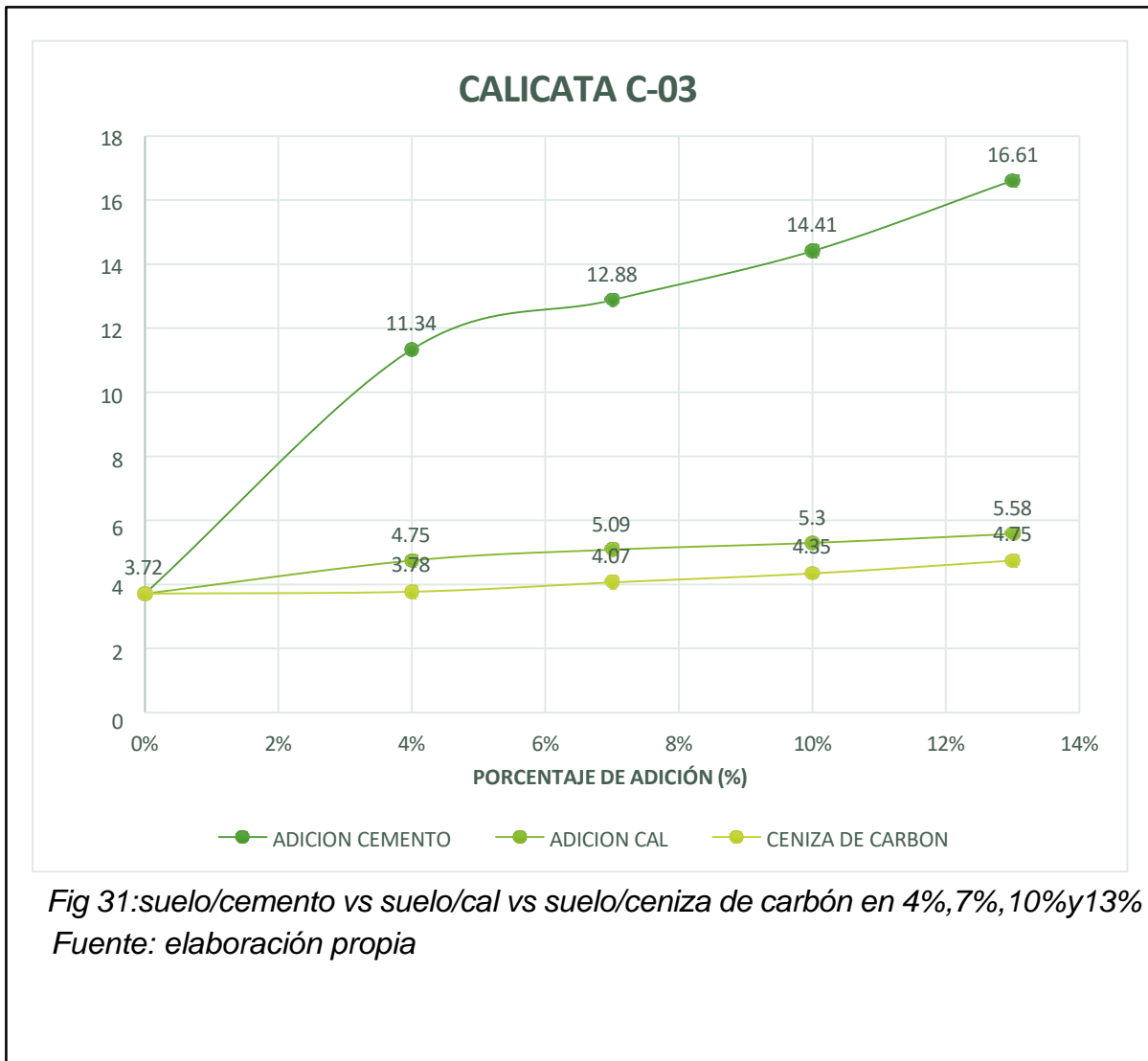
fuelle: elaboración propia



**Tabla XVII**  
*porcentaje de adición vs esfuerzo*  
**Calicata C-03**

% de adición	cemento esfuerzo(kg/cm3)	Cal esfuerzo(kg/cm3)	Ceniza Carbón esfuerzo(kg/cm3)
0%	3.72	3.72	3.77
4%	11.34	4.75	3.81
7%	12.88	5.09	4.08
10%	14.41	5.3	4.4
13%	16.61	5.58	4.79

*fuentes: elaboración propia*

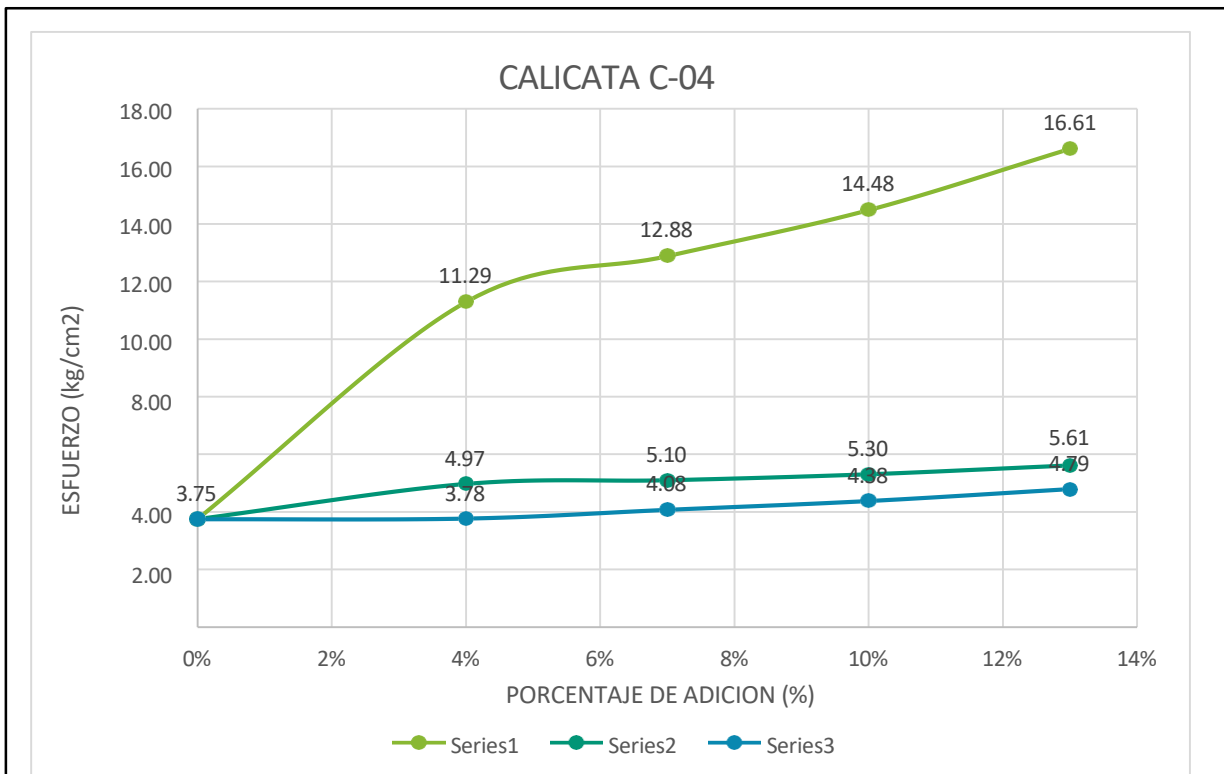


*Fig 31:suelo/cemento vs suelo/cal vs suelo/ceniza de carbón en 4%,7%,10%y13%*  
*Fuente: elaboración propia*

**Tabla XVIII**  
*porcentaje de adición vs esfuerzo*

Calicata C-04			
% de adición	cemento esfuerzo(kg/cm3)	Cal esfuerzo(kg/cm3)	Ceniza carbón esfuerzo(kg/cm3)
0%	3.75	3.75	3.75
4%	11.29	4.97	3.78
7%	12.88	5.10	4.08
10%	14.48	5.30	4.38
13%	16.61	5.61	4.79

fuelle: elaboración propia



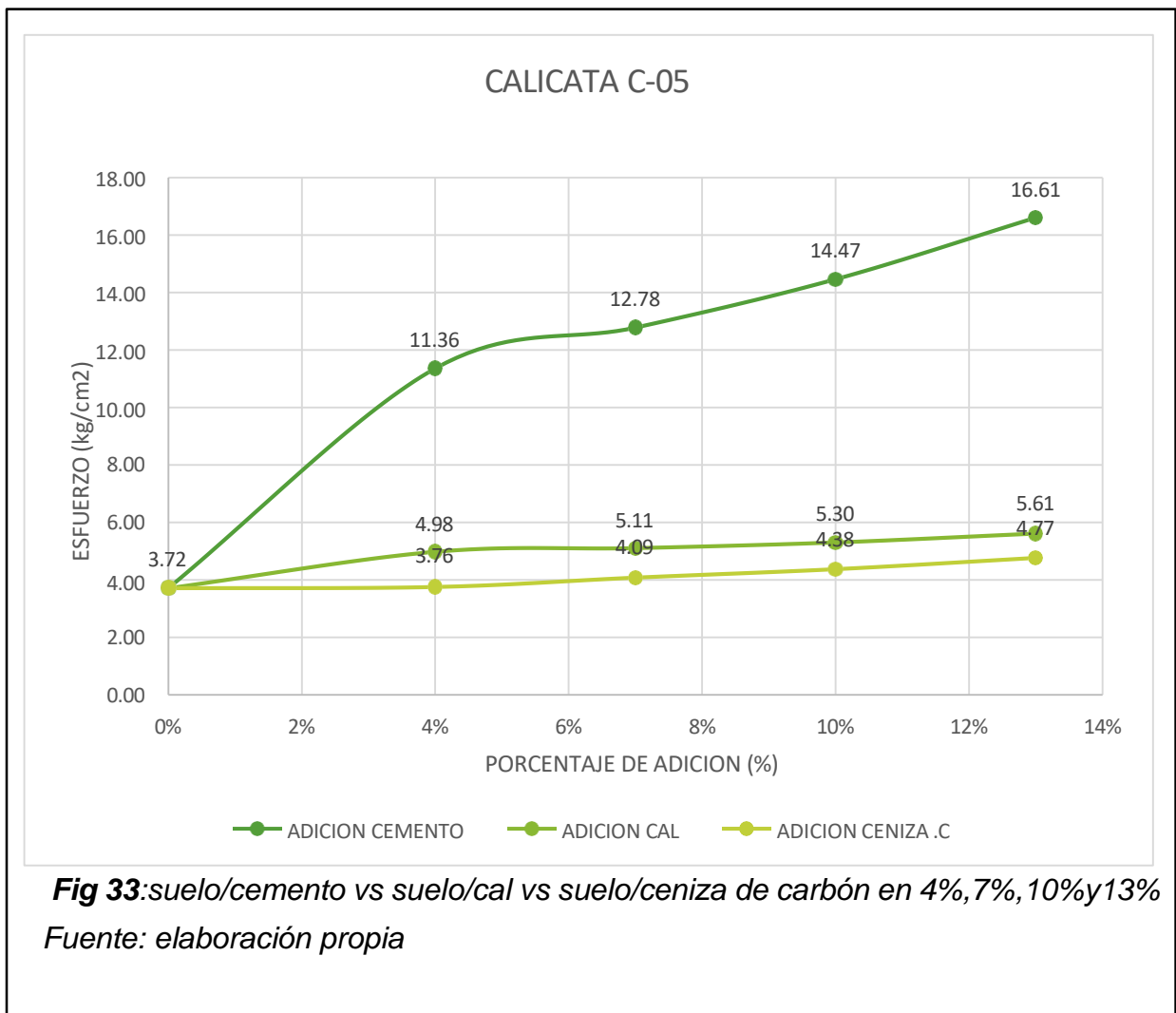
**Fig 32:** suelo/cemento vs suelo/cal vs suelo/ceniza de carbón en 4%,7%,10%y13%

fuelle: elaboración propia

**Tabla XIX**  
*porcentaje de adición vs esfuerzo*

Calicata C-05			
% de adición	cemento esfuerzo(kg/cm <sup>3</sup> )	Cal esfuerzo(kg/cm <sup>3</sup> )	Ceniza carbón esfuerzo(kg/cm <sup>3</sup> )
0%	3.72	3.72	3.72
4%	11.36	4.98	3.76
7%	12.78	5.11	4.09
10%	14.47	5.30	4.38
13%	16.61	5.61	4.77

Fuente: elaboración propia

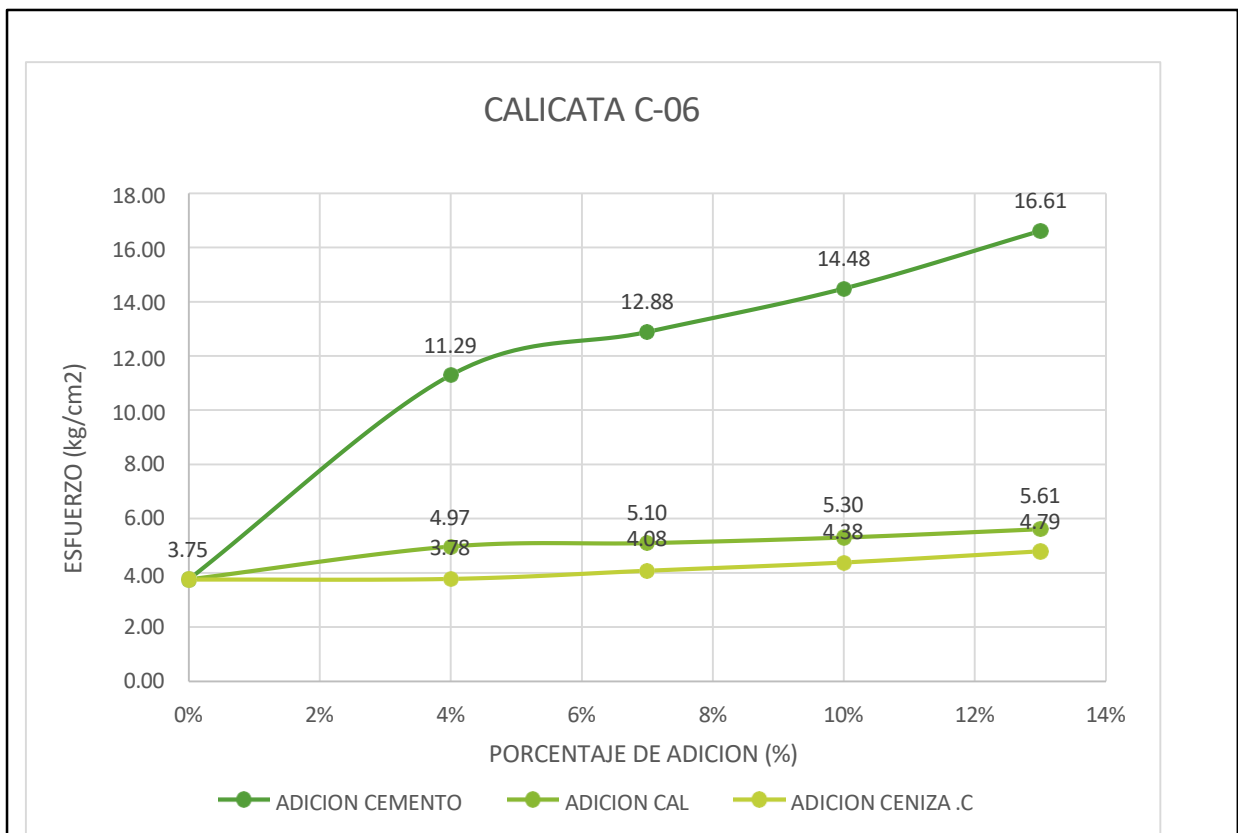


**Fig 33:** suelo/cemento vs suelo/cal vs suelo/ceniza de carbón en 4%,7%,10%y13%  
 Fuente: elaboración propia

**Tabla XX**  
*porcentaje de adición vs esfuerzo*

Calicata C-06			
% de adición	cemento esfuerzo(kg/cm3)	Cal esfuerzo(kg/cm3)	Ceniza carbón esfuerzo(kg/cm3)
0%	3.77	3.77	3.77
4%	11.30	4.97	3.81
7%	12.88	5.11	4.08
10%	14.82	5.29	4.40
13%	16.61	5.63	4.79

*Fuente: elaboración propia*



**Fig 34:** *suelo/cemento vs suelo/cal vs suelo/ceniza de carbón en 4%,7%,10%y13%*

*Fuente: elaboración propia*

## **3.2. Discusión**

### **propiedades físicas del suelo arcilloso**

se determinó que el suelo estudiado es arcilloso de baja y alta plasticidad, con índices de expansión elevada siendo esta una característica destructiva del suelo arcilloso optándolo por mejorar mediante la estabilización, utilizando adiciones.

Como resultado del proctor modificado se determinó que el suelo arcilloso con adición de cal 13% obtuvo la mayor reducción de vacíos inmediatamente al entrar en contacto con la humedad natural del suelo, seguida de la combinación suelo/cemento al 13% y suelo/ceniza de carbón al 13%, pero todas las combinaciones y en todos los porcentajes dotaron al suelo en estudio de mejores características mecánicas y físicas.

Con el ensayo de compresión inconfiada se determinó que tanto la combinación suelo/cemento y suelo/cal obtuvieron las mayores resistencias, pero siendo las tres combinaciones aptas para su uso como adición para la estabilización de subrasantes.



### **Análisis de la resistencia de los suelos estabilizados**

Según la Norma CE.020, nos da rangos de porcentajes de adición según el tipo de suelo, siendo la cal de 2 a 8% y en cemento de 1 a 4% para estabilización de suelo, indicando que esto varía según el tipo la arcilla, trabajando en la investigación con rangos de 4%,7%,10% y 13%, de los tres diferentes tipos de adición con fines de determinar su comportamiento mecánico.

Se sometieron las probetas en estudio, tanto de suelo natural y las con adición suelo/cemento, suelo/cal y suelo/ceniza de carbón en los porcentajes ya indicados, obteniendo como resultado que la combinación que alcanzo la mayor resistencia fue la suelo/cemento, en base a resistencia a los 7 días de curado, con un porcentaje óptimo de 13%, y se determinó que esta también depende del tiempo de curado.

la combinación suelo/cal, alcanzo resistencias menores al suelo/cemento, pero mayores al suelo/ceniza de carbón, con un porcentaje óptimo de adición al 10%, ya que al 13% se obtuvo mayor resistencia, pero se volvía muy rígido, una de las cualidades más favorables de esta combinación es que el efecto de estabilizador es casi inmediato al entrar en contacto con el suelo, modificándolo al grado de exhibir menos plasticidad y mejorando la trabajabilidad, además de incrementar su resistencia.

La combinación suelo/ceniza de carbón mejoro significativamente las caracterisitcas del suelo arcilloso con un óptimo contenido de adición al 13%, mejorando la trabajabilidad e incrementando su resistencia, convirtiéndolo al suelo arcilloso en un material mejorado para su uso como subrasante, sus cualidades cementantes y reductores de plasticidad nos dan una opción con poco impacto ambiental y económica.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

Se determinó que con las tres combinaciones el suelo mejora significativamente sus propiedades físicas y mecánicas, transformando al suelo arcilloso en un material óptimo para su uso como subrasante estabilizada.

Se determinó que la combinación suelo/cemento al 13% dota al suelo arcilloso de mayor resistencia a diferencia de las combinaciones suelo/cal y suelo/ceniza de carbón.

Se determinó que los porcentajes máximos antes de que el material sea muy rígido y sufra de fractura es suelo/cemento al 13%, suelo/cal al 13% y suelo/ ceniza de carbón mayor al 13%.

Se concluye que el curado es de suma importancia en la adquisición de su resistencia y la variación de sus características físicas de la combinación, esta debe ser contralada.

### **4.2. Recomendaciones**

el estudio de la propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso con combinación de adición y en porcentajes mayores.

Se recomiendo realizar investigación teniendo en cuenta el tiempo del curado, ya que de este depende la resistencia adquirida en variaciones de tiempo hasta 28 días.

Se recomiendo realizar una evaluación con respecto al impacto ambiental y economía de las combinaciones entre si y en mayor porcentaje o la mezcla de dos o tres adiciones para determinar si el suelo arcilloso alcanza resistencias mayores.

## V. Referencias

- [1] F. Garcia de Quevedo Najar, M. Gonzáles Pérez y Y. Asprilla Lara, «Determinacion de los componetes entropicos de la accidentalidad: el trinomio vehiculo/usuario/camino en la metropoli de GTuadalajara, Mexico,» Mexico, 2018.
- [2] J. J. Molina Moreira, «Consecuencias de Cargas Excesivas para los Pavimentos de la Red Rodoviaria de Ecuador,» Leiria - Postugal, 2018.
- [3] P. Chauvet y A. Baptiste, «Transporte de carretera en america latina: Evolucion de la infraestructura y sus impactos entre 2007 y 2015,» CEPAL, 2019.
- [4] S. Consejo Mexicano del Asfalto, «los que debes saber sobre el impacto del cambio climatico en el pavimento,» Mexico, 2019.
- [5] M. S.R.Giannina y C. de Paiva E.L, «Influencia de la deflexion superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia,» Brasil, 2019.
- [6] G. M, j. Staub de Melo y J. Villena, «Los efectos de la forma de la onda de carga en la estimacion de la vida a la fatiga de la capa asfaltica en la estructura del pavimento,» Brasil, 2019.
- [7] G. S.R.Massenlli y C. E. Paiva, «influencia de la deflexion superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia,» *scielo*, 2019.
- [8] A. Rocha Felices, «El Impacto del Fenomeno del Niño en Zonas Urbanas,» *Imefen.UNI*, 2017.
- [9] Flacso Ecuador, «Impacto del Fenomeno del Niño Costero 2017(FEM) en la Ciudad de Piura y su vida Urbana,» *Liderazgo Cambio Climatico y Ciudades*, 2018.
- [10] K. Y. Cordova Farfan y L. R. Cruz Pedemonte, «Factores de Influyen en el desgaste del Pavimento de la Av. Ramon Castilla en Chulucanas-Piura 2019,» *revista uss.edu.pe*, 2019.
- [11] A. Campos Quispe y I. Irigoín Barboza, «Deterioro prematuro de los pavimentos flexibles de la zona urbana de la ciudad de Chota,» chota, 2020.
- [12] J. A. Hernández Lara, D. R. Mejía Ramírez y C. E. Zelaya Amayo, «Propuesta de estabilizacion de suelos arcillosos para su aplicacion en pavimento rigidido en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de el Salvador,» Salvador, 2016.

- [13] . R. J. Gallarda Amaya, L. E. Gómez Pérez y W. F. Guillín Acosta, «Variacion de la propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante,» Colombia, 2017.
- [14] J. Duque Saldarriaga, B. S. Vásquez Cadena y J. F. Orrego Cardoza, «Mejoramamiento de subrasante en vías de tercer orden,» Pereira, 2019.
- [15] I. M. Alkiki, M. D. Abdulnafaá y A. Aldaood, «Geotechnical and other characteristics of cement-treated low plasticity cla,» *Scielo*, p. 13, 2021.
- [16] J. López Sumarriva y G. Ortiz Pinarez, «ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LAS CALLES DE LA URBANIZACION SAN LUIS DE LA CIUDAD DE ABANCAY,» ABANCAY - APURIMAC, 2018.
- [17] A. Moale Quispe y E. Rivera Justo, «ESTABILIZACION QUIMICA DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA SU USO COMO SUBRASANTE EN VIAS TERRESTRES DE LA LOCALIDAD DE VILLA RICA,» lima, 2019.
- [18] R. Chilcon Chilcon y G. O. Leon Polo, «Evaluacion de estabilizacion de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbon en la subrasante de la Av.Cuzco,» Lima, 2020.
- [19] M. M. Nuñez Flores y J. R. Olivera Diaz, «Estabilizacion Quimica de suelos arcillosos para conformacion de estructura de pavimento rigido utilizando cemento Portland tipo I,» Callao, 2021.
- [20] J. C. Huananí de la Cruz, «Mejoramamiento de propiedades mecánicasde los suelos arcillosos mediante la incorporacion de cenizas de carbon para vías carrozables - Puerto Maldonado,» Lima, 2022.
- [21] C. D. Segura Romero, «Estabilizacion de suelos de alta plasticidad usando cemento Portland en el departamento de Lambayeque,» Chiclayo, 2015.
- [22] K. Cubas Benavides y J. C. Falen Chacez Arroyo, «EVALUACION DE LAS CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DE SUELOS MEDIANTE ACTIVACION ALCALINA Y APLICACIÓN EN CARRETERAS NO PAVIMENTADAS,» Chiclayo, 2016.
- [23] Villalobos felipe, *Mecanica de Suelos*, Chile, 2016.
- [24] M. D. T. Y. COMUNICACIONES, *MANUAL DE CARRETERAS SUELOS GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS*, LIMA, 2014.
- [25] (. I. e. d. c. y. s. a. IECA, «componente y propiedades del cemento,» España, 2019.
- [26] J. D. Bauzá Castelló, «Estabilizacion de suelos con Cal,» 2003.

- [27] D. ASTM, 2012.
- [28] Manual de Carreteras, «Suelos, Geología, Geometría y Pavimentos,» Perú, 2013.
- [29] MTC, MANUAL DE CARRETERAS - SUELOS Y PAVIMENTOS, LIMA, 2014.
- [30] H. Gallegos y C. Casabonne, «Albañilería Estructural,» Perú, 2005.
- [31] J. D. Bauzá Catelló, «estabilización de suelos con cal,» Madrid, 2003.
- [32] A. González Rafael, «Estado de arte del suelo cemento,» Salvador, 2019.
- [33] MTC, MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES, 2016.
- [34] MTC, «DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO,» de *MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES* , 2016.
- [35] W. Á. Botía Díaz, «Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memorias de cálculo,» COLOMBIA, 2015.
- [36] W. Á. Botía Díaz, «Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo,» Bogotá, 2015.
- [37] N. G.050, «SEGURIDAD DURANTE LA CONSTRUCCION DS N°010-2009,» LIMA, 2009.
- [38] INDECI, «MANUAL BASICO PARA LA ESTIMACION DEL RIESGO,» LIMA, 2006.
- [39] C. Medeiros Bauzer, «Gestión de Datos Científicos de la Recolección de la Preservación,» 2018.
- [40] U. S. d. Sipan, «CODIGO DE ETICA EN INVESTIGACION DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C. VERSION 9,» CHICLAYO, 2023.
- [41] C. D. I. D. PERÚ, «CODIGO DE 'ETICA,» LIMA, 2023.

## ANEXOS

### ANEXO 1: CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA RECOLECCION DE LA INFORMACION

Pimentel, 10 de marzo de 2023

Quien suscribe:

Sr. Wilson Olaya Aguilar

REPRESENTANTE LEGAL DE COORDINACIÓN DE LABORATORIO – UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS ENTRE LAS ADICIONES DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON PARA SUBRASANTE**

Por el presente, el que suscribe, Wilson Olaya Aguilar representante legal de coordinación del laboratorio UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN, AUTORIZO al estudiante: Mendoza Cruz Ethel Hellen, identificado con DNI N° 46523234, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y autor del trabajo de investigación denominado ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS ENTRE ADICIONES DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON PARA SUBRASANTE, al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memorias, cálculos entre otros como plantillas para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de investigación, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.



**Wilson Olaya Aguilar:** DNI N°41437114

Tec. Coordinador de Laboratorio / Talleres

**ANEXO 2: VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE DE UN SUELO ARCILLOSO COMPACTADO NATURAL Y CON ADICIONES DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON EN LOS PORCENTAJES DE 4%,7%,10% Y 13%**

VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE DE UN SUELO ARCILLOSO COMPACTADO EN ESTADO NATURAL Y CON ADICIONES DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON EN LOS PORCENTAJES DE 4%,7%,10% y 13%.

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de	
Cronbach	N de elementos
.802	26

Calicata C-1

suelo natural		CON ADICION AL 4%						CON ADICION AL 7%					
DEFORMACION (%) S/N	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) CEMENT 4%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) CAL 4%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) C.C 4%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) CEMENT 7%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) CAL 7%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) C.C 7%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)
0,40	3,70	0,36	11,32	0,60	4,92	0,64	3,62	0,31	12,85	0,43	5,09	0,49	4,08
0,37	3,69	0,33	11,31	0,61	4,89	0,64	3,76	0,31	12,90	0,43	5,06	0,49	4,07
0,37	3,71	0,36	11,35	0,61	4,97	0,64	3,77	0,31	12,83	0,43	5,08	0,49	4,04

suelo natural		CON ADICION AL 10%						CON ADICION AL 13%					
DEFORMACION (%) S/N	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) CEMENT 10%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) CAL 10%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) C.C 10%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) CEMENT 13%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) CAL 13%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMACION (%) C.C 13%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)
0,40	3,70	0,20	14,53	0,39	5,77	0,46	4,36	0,17	16,63	0,37	5,57	0,44	4,77
0,37	3,69	0,20	14,51	0,39	5,23	0,46	4,39	0,17	16,66	0,37	5,63	0,44	4,75
0,37	3,71	0,20	14,33	0,39	5,32	0,46	4,38	0,17	16,53	0,37	5,56	0,44	4,73

## Calicata C-6

suelo natural		CON ADICION AL 4%						CON ADICION AL 7%					
DEFORMADO (%) S/N	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) CEMENT 4%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) CAL 4%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) C.C 4%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) CEMENT 7%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) CAL 7%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) C.C 7%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)
0,38	3,45	0,35	11,63	0,62	4,85	0,64	3,78	0,31	12,84	0,45	5,11	0,47	4,11
0,37	3,55	0,35	11,42	0,61	4,65	0,64	3,74	0,32	12,82	0,45	5,09	0,47	4,09
0,38	3,61	0,36	11,65	0,62	4,94	0,65	3,76	0,31	12,75	0,45	5,10	0,47	4,14

suelo natural		CON ADICION AL 10%						CON ADICION AL 13%					
DEFORMADO (%) S/N	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) CEMENT 10%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) CAL 10%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) C.C 10%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) CEMENT 13%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) CAL 13%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)	DEFORMADO (%) C.C 13%	ESFUERZO MAX (KG/CM2)
0,38	3,45	0,20	14,62	0,39	5,42	0,46	4,29	0,18	16,45	0,37	5,45	0,45	4,61
0,37	3,55	0,20	14,65	0,38	5,26	0,46	4,32	0,17	16,24	0,37	5,61	0,45	4,56
0,38	3,61	0,21	14,55	0,39	5,44	0,46	4,44	0,17	16,58	0,37	5,63	0,45	4,55

## ANOVA

	Suma de Cuadrados	gl	Medio Cuadrática	F
Inter sujetos	,050	3	,017	
Intra sujetos				
Entre elementos	2310,014	25	92,401	27910,827
Residuo	,240	75	,003	
Total	2310,262	100	23,103	
Total	2310,312	103	22,430	

Media global = 1.8239

En las tablas se observa que, el instrumento es sobre método de ensayo para determinar la resistencia al corte de un suelo arcilloso estabilizado en estado natural y con adiciones de cemento, cal y ceniza de carbón en los porcentajes de 4%, 7%, 10% y 13%, para comparar y determinar con cuál de estas adiciones el suelo arcilloso mejora sus características físicas y mecánicas. (correlaciones de Pearson superan al valor de 0.30 y el valor de la prueba del análisis de varianza es altamente significativo  $p < 0.01$ ) y confiable (el valor de consistencia alfa de cronbach es mayor a 0.80).



**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE DE UN SUELO ARCILLOSO COMPACTADO EN ESTADO NATURAL Y CON ADICIONES DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON EN LOS PORCENTAJES DE 4%,7%,10% Y 13%**

**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD POR 5 JUECES EXPERTOS**

**INSTRUMENTO SOBRE MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE DE UN SUELO ARCILLOSO COMPACTADO EN ESTADO NATURAL Y CON ADICIONES DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON EN LOS PORCENTAJES DE 4%,7%,10% y 13%.**

SUELO NATURAL	CLAROS																			
	SECCION A					SECCION B					SECCION C					SECCION D				
	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR
SECC 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SECC 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SECC 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SECC 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SECC 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
OPINION	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VALOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

SUELO NATURAL	CONCRETOS																			
	SECCION A					SECCION B					SECCION C					SECCION D				
	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR	OPINION	VALOR
SECC 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SECC 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SECC 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SECC 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SECC 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
OPINION	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VALOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

TIPO NATURAL	CONGRUENCIA																															
	ADICIONAL 4%								ADICIONAL 7%								ADICIONAL 10%								ADICIONAL 15%							
	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN CENT %	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN C.C.	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN C.C.	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN C.C.	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN C.C.	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN C.C.	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN							
JUZ 1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
JUZ 2	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
JUZ 3	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1							
JUZ 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
JUZ 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4							
7	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1							
1																																
V de Aiken por propiada	1	1	1	1	0.8	1	0.8	0.8	1	0.8	1	1	0.8	1	0.8	1	1	0.8	1	0.8	1	0.8	1	1	1							
V de Aiken por otros																																
	0.88																															

TIPO NATURAL	CONGRUENCIA																															
	ADICIONAL 4%								ADICIONAL 7%								ADICIONAL 10%								ADICIONAL 15%							
	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN CENT %	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN C.C.	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN C.C.	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN C.C.	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN C.C.	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN C.C.	OPORNAO MAE	OPORNAO OIN							
JUZ 1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
JUZ 2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
JUZ 3	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
JUZ 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
JUZ 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
5	5	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4							
7	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1							
1																																
V de Aiken por propiada	1	0.8	0.8	0.8	1	1	1	0.8	1	1	0.8	0.8	1	0.8	1	1	1	1	1	1	0.8	1	0.8	0.8	0.8							
V de Aiken por otros																																
	0.88																															

V de Aiken del instrumento por jueces expertos **0.913**

*[Handwritten signature]*  
Oscar Humberto

*[Handwritten signature]*  
04/11/23

*[Handwritten signature]*  
Luis Arturo Villalobos Camacho  
LIC. ESTADÍSTICA  
MSc. INVESTIGACION  
MSc. INGENIERIA  
COMERCIAL

Ficha de validación según AIKEN

i. Datos generales JUE21

Apellidos y nombre del informante	Cargo o Institucion donde labora	nombre del instrumento de evaluacion	autor del instrumento
<u>Condeas Lisa Juan Alberto.</u>	<u>Municipalidad Provincia de Chiclayo</u>	<u>Ensayo de Compresion unconfined.</u>	<u>Fthal Helen Hendora Cruz</u>
Titulo de la Investigacion: ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICION DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON PARA SUBRASANTE, LAMBAYEQUE 2023			

ii. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	<u>Granulometria</u>	<u>(A)</u>
2	<u>Contenido de Humedad.</u>	<u>(A)</u>
3	<u>Proctor Modificado</u>	<u>(A)</u>
4	<u>Compresion inchificada.</u>	<u>(A)</u>

**iii. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( ) Apellidos y nombres del juez validador: .....

CUMPLIMIENTO																							
DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N	DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N	DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N	DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N	DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N	DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N	DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N	DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N	DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N	DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N	DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N	DEFORMA CO (N) S/N	EFUERE D (N) S/N
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CONTENIDO																							
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CONGRUENCIA																							
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DOMINIO DEL CONSTRUCTOR																							
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Especialidad: Ing. Civil

  
**Juan Alberto Contreras Diaz**  
 JUEFE DE SALA DE JUICES Y CONTRATO

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales JUEBZ

Apellidos y nombre del informante	Cargo o Institucion donde labora	nombre del instrumento de evaluacion	autor del instrumento
ENRIQUEZ ALONSO RENATO ANTONIO	MONICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO	ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA.	Ethel Helen Mendoza Cruz
<p>título de la investigación: ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICION DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON PARA SUBRASANTE, LAMBAYEQUE 2023</p>			

II. Aspectos de validación de cada Item

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	GRANULOMETRIA.	(A)
2	CONTENIDO DE HUMEDAD	(A)
3	INDICE DE CONSOLIDACION	(A)
4	COMPRESION INCONFINADA	(A)

iii. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X )    Aplicable después de corregir (    )    No aplicable (    )    Apellidos y nombres del juez validador: .....

LÍQUIDO																						
OPORNA COPN SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CONCRETO																						
OPORNA COPN SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CONCRETO																						
OPORNA COPN SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CONCRETO CONSTRUCTIVO																						
OPORNA COPN SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	OPORNA OPORNA SN	OPURZ OPURZ SN	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Especialidad: Ing. Civil

*[Firma]*  
**Pablo Antonio Enriquez Acosta**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 254774

Ficha de validación según AIKEN

Colegiatura N° 232350

I. Datos generales JUE 3

Apellidos y nombre del informante	Cargo o Institución donde labora	nombre del instrumento de evaluación	autor del instrumento
<u>Colmenares Vasquez Díaz Malú</u>	<u>Sub Gerencia de Supervisión y Liquitación de Obras NPEH</u>	<u>Ensayo de Compresión inconfineda.</u>	<u>Etha Heller Mendoza Cruz</u>
<p>título de la investigación: ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBÓN PARA SUBRASANTE, LAMBAYEQUE 2023</p>			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	<u>Granulometría</u>	<u>(A)</u>
2	<u>Contenido de Humedad</u>	<u>(A)</u>
3	<u>Proctor Modificado</u>	<u>(A)</u>
4	<u>Compresión Inconfineda</u>	<u>(A)</u>

**III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X )    Aplicable después de corregir (    )    No aplicable (    )    Apellidos y nombres del juez validador: .....

CIENCIA																							
OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU
COPI	DAMA	COPI	MA	COPI	MA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA
SA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	CA/MA	SC/CO	CC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO
X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
INGENIERIA																							
OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU
COPI	DAMA	COPI	MA	COPI	MA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA
SA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	CA/MA	SC/CO	CC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO
X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CONSTRUCCION																							
OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU	OPORNA	OPURU
COPI	DAMA	COPI	MA	COPI	MA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA	COPI	DAMA
SA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	CA/MA	SC/CO	CC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO	SC/MA	SC/CO
X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Especialidad: Ing. Civil

*Alfredo*  
**ALFREDO COLMARES VARGAS**  
 INGENIERA CIVIL  
 REG. CIR. 232360



Ficha de validación según AIKEN

L Datos generales Juz 4

Apellidos y nombre del informante	Cargo o institución donde labora	nombre del instrumento de evaluación	autor del instrumento
<i>Espanola Requiza Noelia Orsell</i>	<i>Superintenta de Obras de la M.P. CH</i>	<i>Ensayo de compresión inconfineda</i>	<i>Hawleson Luis Phil Hatten</i>
<p>Titulo de la investigación: ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICION DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBON PARA SUBRASANTE, LAMBAYEQUE 2023</p>			

K Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	<i>Coriolometría</i>	<i>(A)</i>
2	<i>Coeficiente de Humedad</i>	<i>(A)</i>
3	<i>Proctor Modificado</i>	<i>(A)</i>
4	<i>Compresión Inconfineda</i>	<i>(A)</i>

**ii. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X )    Aplicable después de corregir (    )    No aplicable (    )    Apellidos y nombres del juez validador: \_\_\_\_\_

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																							
SECCIONES	01-001	01-002	01-003	01-004	01-005	01-006	01-007	01-008	01-009	01-010	01-011	01-012	01-013	01-014	01-015	01-016	01-017	01-018	01-019	01-020	01-021	01-022	01-023
01-001	01-002	01-003	01-004	01-005	01-006	01-007	01-008	01-009	01-010	01-011	01-012	01-013	01-014	01-015	01-016	01-017	01-018	01-019	01-020	01-021	01-022	01-023	01-024
01-001	01-002	01-003	01-004	01-005	01-006	01-007	01-008	01-009	01-010	01-011	01-012	01-013	01-014	01-015	01-016	01-017	01-018	01-019	01-020	01-021	01-022	01-023	01-024
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS																							
SECCIONES	02-001	02-002	02-003	02-004	02-005	02-006	02-007	02-008	02-009	02-010	02-011	02-012	02-013	02-014	02-015	02-016	02-017	02-018	02-019	02-020	02-021	02-022	02-023
02-001	02-002	02-003	02-004	02-005	02-006	02-007	02-008	02-009	02-010	02-011	02-012	02-013	02-014	02-015	02-016	02-017	02-018	02-019	02-020	02-021	02-022	02-023	02-024
02-001	02-002	02-003	02-004	02-005	02-006	02-007	02-008	02-009	02-010	02-011	02-012	02-013	02-014	02-015	02-016	02-017	02-018	02-019	02-020	02-021	02-022	02-023	02-024
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

CARRERA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES																							
SECCIONES	03-001	03-002	03-003	03-004	03-005	03-006	03-007	03-008	03-009	03-010	03-011	03-012	03-013	03-014	03-015	03-016	03-017	03-018	03-019	03-020	03-021	03-022	03-023
03-001	03-002	03-003	03-004	03-005	03-006	03-007	03-008	03-009	03-010	03-011	03-012	03-013	03-014	03-015	03-016	03-017	03-018	03-019	03-020	03-021	03-022	03-023	03-024
03-001	03-002	03-003	03-004	03-005	03-006	03-007	03-008	03-009	03-010	03-011	03-012	03-013	03-014	03-015	03-016	03-017	03-018	03-019	03-020	03-021	03-022	03-023	03-024
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Especialidad: Ing. Civil

  
**INGENIERÍA CIVIL**  
 REG. CP. 11661

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales Item 5

Apellidos y nombre del informante	Cargo e Institución donde labora	nombre del instrumento de evaluación	autor del instrumento
<u>Dauer Brinato Antonio Eduardo</u>	<u>Asesor Técnico de Ingeniería por Ingeniería de Obras</u>	<u>Campaña calentada</u>	<u>Eitel Lichten Hardo Anz</u>
<p>título de la investigación: ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CEMENTO, CAL Y CENIZA DE CARBÓN PARA SUBRASANTE, LAMBAYEQUE 2023</p>			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	<u>Acuerdo</u>	<u>(A)</u>
2	<u>Acuerdo</u>	<u>(A)</u>
3	<u>Acuerdo</u>	<u>(A)</u>
4	<u>Acuerdo</u>	<u>(A)</u>



**ANEXO 3: INFORME DE ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO  
DE MECANICA DE SUELOS**