



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TESIS**

**USO DE CONCRETO RECICLADO PULVERIZADO Y  
SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE  
SUELOS COHESIVOS**

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

**Autora**

Bach. Fernandez Llanos, Yalili Alina

<https://orcid.org/0000-0002-0460-8932>

**Asesor**

Dr. Marín Bardales Noé Humberto

<https://orcid.org/0000-0003-3423-1731>

**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 Tecnificación en ciencia de Materiales, Diseño e  
Infraestructura**

**Pimentel – Perú**

**2024**

**DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado (s) el Programa de Estudios de **Ingeniería civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autora del trabajo titulado:

**USO DE CONCRETO RECICLADO PULVERIZADO Y SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS**

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 autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Fernandez Llanos Yalili Alina	DNI: 76342608	
-------------------------------	---------------	---

Pimentel, 24 de febrero del 2024

**USO DE CONCRETO RECICLADO PULVERIZADO Y SU INFLUENCIA EN LA  
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS**

**Aprobación del jurado**

---

MG. SEGURA SAAVEDRA WISTON ENRIQUE

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

MG. CHÁVEZ COTRINA CARLOS OVIDIO

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MG. SALINAS VASQUEZ NESTOR RAUL

**Vocal del Jurado de Tesis**

NOMBRE DEL TRABAJO

**Fernandez Yalili - REPORTE DE TURNITI  
N.pdf**

AUTOR

**FERNANDEZ YALILI**

RECUENTO DE PALABRAS

**10849 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**54695 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**54 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**933.8KB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 25, 2024 1:02 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 25, 2024 1:02 PM GMT-5****● 3% de similitud general**

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

- 2% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% 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

## **Dedicatoria**

*Dedicado a mi madre Luz Mery Llanos Medina por siempre creer en mí; ser mi mejor amiga, aconsejarme, motivándome y apoyándome para alcanzar mis metas y por ayudarme a comprender que todo se puede con la ayuda de Dios, con mucha perseverancia y dedicación.*

## **Agradecimientos**

*Agradezco a Dios por permitirme llegar a esta etapa académica y profesional en compañía de seres queridos. A mi mamá, quien fue mi mayor motivación para alcanzar este logro.*

*A mi asesor Mag. Marín Bardales Noé Humberto por su enseñanza y el apoyo brindado durante el desarrollo la investigación.*

## Índice

Dedicatoria .....	5
Agradecimientos .....	6
Índice de tablas .....	8
Índice de gráficos.....	9
Índice de figuras .....	10
I. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. Realidad problemática. ....	13
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Hipótesis .....	18
1.4. Objetivos.....	18
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	19
II. MATERIALES Y MÉTODO .....	38
2.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	38
2.2. Variables, Operacionalización.....	39
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	42
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	44
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	45
2.6. Criterios éticos .....	53
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
3.1. Resultados.....	54
3.2. Discusión .....	61
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
4.1. Conclusiones .....	63
4.2. Recomendaciones .....	64
REFERENCIAS .....	65
Referencias .....	65
ANEXOS .....	72

## Índice de tablas

<b>Tabla I</b> Clasificación de suelos según norma AASHTO y SUCS .....	26
<b>Tabla II</b> Categoría de sub rasante según CBR.....	27
<b>Tabla IV</b> Clasificación de RCD .....	36
<b>Tabla V</b> Operacionalización de la variable .....	40
<b>Tabla VI</b> Operacionalización de la variable .....	41
<b>Tabla VII</b> Relación de calicatas de exploración del estudio de suelos .....	43

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1:</b> Datos de la máxima densidad seca del ensayo de compactación de las muestras de suelo natural.....	55
<b>Gráfico 2:</b> Ensayo de CBR de las muestras patrón de suelo cohesivo según el resumen de calicatas al 95% y 100% de su MDS. ....	56
<b>Gráfico 3:</b> Ensayo de CBR al 95% de su MDS para una penetración de 0.1” de las muestras de suelo y con la incorporación del concreto reciclado pulverizado. ....	58
<b>Gráfico 4:</b> Ensayo de CBR al 100% de su MDS para una penetración de 0.1” de las muestras de suelo y con la incorporación del concreto reciclado pulverizado. ....	59

## Índice de figuras

<b>Fig. 1:</b> Rango de tamaños de las partículas de un suelo. [32]	19
<b>Fig. 2:</b> Granulometría de partículas. [31]	21
<b>Fig. 3:</b> Límites de Atterberg. [36]	22
<b>Fig. 4:</b> Cuchara de Casagrande para determinación del límite líquido. [33]	23
<b>Fig. 5:</b> Carta de plasticidad de Casagrande. [34]	24
<b>Fig. 6:</b> Definición del límite de contracción [34].	25
<b>Fig. 7:</b> Composición de los suelos. [32]	28
<b>Fig. 8:</b> Martillos utilizados en los ensayos Proctor estándar y modificada. [36]	29
<b>Fig. 9:</b> Proceso para la Identificación del Tipo del suelo	33
<b>Fig. 10:</b> Proceso de selección del Tipo de Estabilización	34
<b>Fig. 11:</b> Clasificación y opciones de manejo de los residuos de la actividad de la construcción. [49]	37
<b>Fig. 12:</b> Ubicación de la zona de estudio Chosica del Norte, Chiclayo, Lambayeque.	42
<b>Fig. 13:</b> Localización de las calicatas realizadas en el camino LA-784/Huaca Blanca.	43
<b>Fig. 14:</b> Diagrama de flujo de procesos.	46
<b>Fig. 15:</b> Ubicación geográfica del área de estudio de la investigación	47
<b>Fig. 16:</b> Camino vecinal Chosica del Norte Chacupe.	48
<b>Fig. 17:</b> Trituración de concreto reciclado en la chancadora Piedra Azul	49
<b>Fig. 18:</b> Recolección del material que paso por la trituradora	49
<b>Fig. 19:</b> Tamizaje por la malla N°50	50
<b>Fig. 20:</b> Almacenamiento de material tamizado	50
<b>Fig. 21:</b> Granulometría a través del tamizado	51
<b>Fig. 22:</b> Ensayo Límite Líquido	52

# USO DE CONCRETO RECICLADO PULVERIZADO Y SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS

## Resumen

En el Perú existe un gran porcentaje de vías de comunicación que se encuentran en malas condiciones perjudicando de manera directa a la economía y población; a su vez el incremento de la demanda de recursos naturales ha ido incrementando a través de los años por el crecimiento urbanístico, dejando de tras un incremento desmedido de los botaderos informales a causa de las demoliciones de construcciones creando así un problema ambiental. Es por ello que en esta investigación se pretende dar uso a este material teniendo como objetivo principal evaluar la estabilización de suelos cohesivos usando concreto reciclado pulverizado. El desarrollo de este estudio se basa en realizar ensayos en laboratorio que nos den a conocer las propiedades del suelo cohesivo natural y mejorado con concreto reciclado pulverizado en porcentajes de 10%, 20%, 30% y 40% para ello se realizó 12 calicatas de 1.50 de profundidad. Obteniendo como resultado que el concreto reciclado pulverizado incrementa la resistencia del suelo de manera cuantiosa. Concluyendo que el concreto reciclado pulverizado puede ser utilizado como estabilizante obteniendo resultados satisfactorios para mejorar las propiedades del suelo y obteniendo un óptimo porcentaje del 30%.

Palabras clave: suelo, cohesivos, ensayos, estabilización, concreto reciclado pulverizado.

## **Abstract**

In Peru there is a large percentage of communication routes that are in poor condition, directly harming the economy and population; At the same time, the increase in the demand for natural resources has been increasing over the years due to urban growth, leaving behind an excessive increase in informal dumps due to the demolition of buildings, thus creating an environmental problem. That is why this research aims to use this material, with the main objective of evaluating the stabilization of cohesive soils using pulverized recycled concrete. The development of this study is based on carrying out laboratory tests that reveal the properties of the natural cohesive soil and improved with pulverized recycled concrete in percentages of 10%, 20%, 30% and 40%. For this, 12 pits of 1.50 deep. The result is that pulverized recycled concrete increases the resistance of the soil considerably. Concluding that pulverized recycled concrete can be used as a stabilizer, obtaining satisfactory results to improve the properties of the soil and obtaining an optimal percentage of 30%.

Keywords: soil, cohesives, testing, stabilization, pulverized recycled concrete.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática.

El suelo debe soportar los diferentes tipos de cargas transferidas. Si el suelo no cumple con las características de tensión-deformación, no es autosuficiente [1]. Es por ello que en la India se tomó importancia a dar soluciones a sus suelos en pésimo estado y que no cumplen características para realizar una pavimentación [2]. Por ende, es un requisito el mejoramiento de estos suelos antes de que se dé inicio a un proyecto de construcción [3].

En Australia los materiales de desecho reciclado que deja las construcciones y demoliciones brindan una alternativa mucho más sostenible en comparación a los agregados tradicionales, a su vez es rentable, ecológico y disminuye la contaminación ambiental [4]. En China, este material se ha utilizado en lugar de agregado grueso. Además, el reciclaje in situ de los agregados para la base de las carreteras funciona, especialmente en la simplificación de las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte [5].

En la Unión Europea anualmente son 970 millones de toneladas de desechos es por ello que se busca reducir y reutilizar un 70% el cual brindara resultados positivos para con el medio ambiente [6]. Por otro lado, en Pakistán sus carreteras y suelos no cumplen con las pautas especificadas en la norma de su país respecto a sus propiedades geotécnicas, por lo cual necesita [7].

Los residuos es un material generado con gran abundancia en la industria de la construcción, son desechados sin un uso, los cuales generan problemas ambientales [8]. Asu vez al existir gran demanda de materiales de cantera y desabastecimiento los costos aumentan, es por ello que se buscan soluciones para estos grandes problemas [9].

Las construcciones dejan residuos tanto como en las ejecuciones y demoliciones, genera distintos tipos de materiales de desecho que llega a simbolizar más del 40% anual de residuos en Australia, debido a esta gran crecida se está promoviendo el reciclar residuos de construcción y demoliciones [10]. En Australia un aproximado de 50.000km de su red vial se

encuentran sin pavimentar y en mal estado es por ello que se da una solución el utilizar estos desechos en mejoramientos de vías de comunicación [11].

Uno de los problemas que más se encuentra en Juliaca es el desgaste y colapso de los pavimentos rígidos que se encuentran en las diferentes avenidas y calles, que presentan grietas y fallas considerables por el mal diseño [12]. Es por ello que en la ciudad Juliaca se está tomando como alternativa dar uso a estos residuos en obras de pavimentación [13]. A su vez estos se pueden utilizar en reemplazo del agregado grueso, y así ir introduciendo este material en el sector construcción.

En región Piura existe por lo menos un porcentaje mayor al 80% de sus trochas carrozables que se encuentran en un estado deplorable, estas vías se encuentran mayormente ubicadas en los sectores agrícolas; es por ello que se crean nuevos estudios para poder conllevar estos problemas como es el caso de la escoria de cascarilla de arroz como factor estabilizante para los suelos considerados pobres y de baja transpirabilidad [14].

En la región de Lambayeque sus suelos granulares tienen características que no permiten una pavimentación debidamente diseñada y calculada, ya que el suelo no cumple con propiedades físicas y mecánicas, es por ello que se buscan alternativas para incrementar las propiedades del suelo, sin poner en riesgo a la mano de obra como es en el caso de la estabilización química, las cuales generan enfermedades respiratorias y en la piel, a su vez genera grandes problemas en el medio ambiente [15].

**Ahora** bien, existen investigaciones donde han llevado a cabo un estudio de utilización de residuos de concreto en suelos cohesivos con fines de pavimentación:

Bílgén [16], como objetivo tubo utilizar el concreto reciclado para perfeccionar el suelo en su resistencia a la compresión no confinada (UCS). Empleo una serie de pruebas con un 5, 10, 15 % de concreto reciclado como proctor estándar, la prueba (UCS) y la relación de transporte de California (CBR) para precisar la resistencia a la compresión. Donde tuvo como resultado que el concreto reciclado como agregado en 5%, 10% y 15% da mejores resultados en un CBR a los 7 días de 11%, 12%, 13% de incremento; y de UCS en kPa de 382, 395, 420

en el mismo. Llego a la conclusión que el uso de concreto reciclado si cumple con la función de estabilizador de suelos arcillosos de baja plasticidad.

Marzieh et al., [17], tiene como objetivo la determinación de la posibilidad del uso de concreto reciclado como agregado para mejorar las propiedades del suelo. Realizo los ensayos con un 15% y 10 % de Áridos de concreto reciclado como componente estabilizante para verificar sus propiedades físico/mecánicas. Llegando a tener como resultado una mayor resistencia a la compresión al estabilizar con un 10% el incremento del UCS es 1173kPa a los 28 días; y en un 15% del estabilizador se obtiene un UCS de 1567 en el mismo tiempo. Llegando a concluir que el suelo arcillo con un porcentaje del 15% es lo suficientemente fuerte para soportar las cargas en la sub base, sub rasante y en pavimentos rígidos.

Jijo y Kasinatha [18], tuvieron como objetivo demostrar que el uso de desechos sólidos como aditivos y reemplazo de estabilizadores convencionales puede dar resultados positivos. Recopilaron información de trabajos hechos por investigadores sobre la estabilización de cal / cemento con desechos industriales como aditivos. Obteniendo como resultado que con ceniza de cascarilla de arroz al mezclarse aumento 8,7 veces al suelo estabilizado solamente con cemento o cal, con la ceniza de bagazo de caña incremento en 8%. Llegando a conclusión de que los materiales de desechos industriales incrementan la resistencia del suelo al ser mezclados con cemento y cal en pequeñas cantidades.

Masoumeh et al., [19], en su estudio tuvieron como objetivo realizar una estabilización en un suelo arcilloso utilizando desechos de construcciones y demoliciones. Ejecuto un estudio únicamente de la resistencia a la compresión evaluado a través de la prueba resistencia a la compresión no confinada (UCS) con un 50% de concreto reciclado de baja calidad. Como resultado del agente estabilizante provoco una mejora en las mezclas; el reemplazo del 50% de concreto reciclado de baja calidad mejoró en 148 psi de las mezclas estabilizadas en comparación con el suelo sin estabilizante. Concluyendo que el 50% de concreto reciclado en el suelo arcilloso mejora el UCS de la mezcla.

Arulrajah et al., [20], tuvieron como objetivo estudiar la activación alcalina del residuo de carburo de calcio para la fabricación de aglutinantes geopolímeros para la estabilización.

Realizaron estudios de 4 por tipo de material realizando ensayos de resistencia a la compresión inconfundible (UCS) de 5, 10 y 15 %. Teniendo como resultado que, si al estabilizar se utiliza un 10%, disminuye ligeramente la resistencia del suelo natural al usar agregados reciclados de construcciones y demoliciones. Llegando a la conclusión que esta es una solución factible para disminuir la contaminación ambiental en un porcentaje apropiado de 5%.

Meek et al., [21], en su estudio "Alternative stabilised rammed earth materials incorporating recycled waste and industrial by-products: Durability with and without water repellent". Tuvieron como objetivo realizar una evaluación de la propiedad de duración de la estabilización con 4 tipos de materiales como el cemento, cal, tierra apisonada y alcalina. Realizaron ensayos correspondientes a cada agente estabilizador. Teniendo como resultado márgenes de 12 y 15 % bajas de variaciones en un tiempo de 35 a 180 días; todas las mezclas tuvieron una caída de menor o igual a 5% de masa. Concluyendo que el mejor material para ser utilizado en una estabilización es el cemento y cal.

Nesterenko [22], en su investigación tuvo como objetivo comparar el suelo natural con un suelo ya estabilizado con polímeros orgánico sintético Poliacrilamida (PAM). Realizo pruebas en laboratorio en los suelos patrones extraídos de Chiclayo, Cajamarca, Huánuco, Pasco y Pucallpa y el suelo ya estabilizado con polímeros PAM en porcentajes de 10%. Llegando a tener como resultado en CBR en los 5 tipos de suelo un 38.6, 47.8, 63, 39.7, 72.8 % y el suelo natural tuvo como resultado 19.1, 24.7, 5.1, 56.8, 49.7 %. Concluye que la estabilización con polímeros PAM se considera como una opción de solución para los caminos que necesitan ser tratados por su baja capacidad portante.

Driss et al., [23], el uso de cal, puzolana natural (PN), y su combinación sobre la resistencia al corte y las variaciones del modo de falla del suelo arcilloso fueron los principales objetivos del estudio. Para las diversas combinaciones de PN y cal a los suelos en estudio en rangos de 0-20 % y 0-6 %, respectivamente, se realizaron pruebas fisicomecánicas y análisis microestructurales. Como resultado, después de 28 días de curado, la tensión de deflexión del suelo tratado aumentó hasta en un 200 % y contenía un 6 % de cal y un 20 % de NP. En

conclusión, el suelo tratado exhibió un marcado aumento en la resistencia al corte, la cohesión y un mayor ángulo de fricción, y se volvió más frágil.

Ashima et al., [24], tuvieron como objetivo investigar la capacidad de una nanopartícula para actuar como estabilizador de suelos nanodióxido de titanio N-TiO<sub>2</sub>. Demostraron el comportamiento de tres suelos cohesivos cambió cuando se expusieron a N-TiO<sub>2</sub> en concentraciones entre 0.5 y 1.2 %. El suelo marino, el suelo de arrozal y el suelo de laterita. Los hallazgos mostraron que a medida que aumentaba la concentración de N-TiO<sub>2</sub>, el LL y el IP de los suelos disminuían. Los suelos cohesivos ahora tienen una mejor resistencia gracias a la adición de nano dióxido de titanio. Por lo tanto, N-TiO<sub>2</sub> podría ser una herramienta útil para estabilizar suelos cohesivos.

Del Rio [25], tuvo como objetivo principal evaluar la estabilización de un suelo arcilloso utilizando concreto reciclado en la pavimentación. Se realizó una caracterización física de los ejemplares y del concreto reciclado (RC). Se agregaron porcentajes de RC de 11, 13 y 15%. Los hallazgos indican que agregar RC a suelos arcillosos aumenta el su CBR, que comienza en una media de 9.52 para el suelo sin estabilizante y aumenta a 10.8, 12.2 y 13 para concreto agregado a una tasa de 11, 13 y 15 % respectivamente; un LL promedio de 29.4; un LP de 16; y un IP de 13.4. En conclusión, si bien los porcentajes lograron elevar el índice CBR, nadie de ellos alcanzó el mínimo establecido por la normativa actual en ese momento.

Coronado [26], tuvo como objetivo realizar un análisis del suelo granular cohesivo con las bacterias Calcificadas. Evaluó 14 muestras a las que se les aplicó por 10 días bacterias calcificantes, se hicieron diferentes pruebas de laboratorio. Como resultado se obtuvo que la masa del suelo aumenta en un 9.5 a 13.5% al mezclar el suelo con las bacterias calcinadas por igual el peso específico intensifica de 9.5 a 13.5%, reduciendo los vacíos de 9.5 a 22.7%. Concluyendo que, si es viable realizar estabilización de suelos con bacterias calcificantes, pero es necesario realizar más ensayos como las pruebas In Situ y químicos.

Salazar [27] en su estudio "Evaluación de las propiedades mecánicas del suelo para cimentaciones superficiales insertando material reciclado de demolición, Lambayeque 2020". Su objetivo fue valorar las características mecánicas del suelo para cimentaciones

superficiales utilizando componente de demolición reciclado. Realizo pruebas de compactación, 135 especímenes para ensayos de USC y 45 prototipos de mezclas que contienen 10, 15, 20 y 25 % en peso de CRD para pruebas de corte directo. Como resultado, se descubrió que CRD mejora las propiedades de compresión axial, ángulo de fricción y cohesión del suelo. En conclusión, las características mecánicas de un suelo arcilloso son impactadas positivamente por el CRD.

Este proyecto tiene como argumento ambientalmente, debido que al emplear un recurso abundante proveniente de las demoliciones que son desechados provocando contaminación, el cual será aprovechado para lograr la estabilización de suelos cohesivos, lograr una mejor resistencia del suelo y mejorar el flujo socio económico entre los pobladores. La investigación pretende lograr una cooperación con la industria de la construcción, donde se brinda una alternativa de utilizar un recurso de costo de adquisición cero para mejorar la resistencia de los suelos. Teniendo como finalidad contrapesar el aumento de los desechos procedentes de la demolición, reciclando el concreto.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo influye el concreto reciclado pulverizado en porcentajes del 10, 20, 30 y 40 en la estabilización de suelos cohesivos?

## **1.3. Hipótesis**

La incorporación del 10%, 20%, 30%, 40% de concreto pulverizado, influye de una manera significativa en la estabilización de suelos cohesivos.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar el uso de concreto reciclado pulverizado y su influencia en la estabilización de suelos cohesivos.

### **Objetivos específicos**

- Identificar las propiedades físicas del suelo de estudio
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural de estudio.

- Determinar las características físicas y mecánicas del suelo natural incorporando el concreto reciclado pulverizado en porcentajes en peso del suelo en estudio 10%, 20%, 30%, 40%.
- Comparar las propiedades mecánicas del suelo natural y el suelo estabilizado con el porcentaje óptimo de concreto reciclado pulverizado.

### 1.5. Teorías relacionadas al tema

- **Suelo**

Encima de una corteza terrestre existe un manto al cual se le conoce como suelo, el cual procede de alguna variación química, o degradación de las rocas, como resultado de las diversas funciones de los seres humanos en esta misma [28].

En general las obras civiles están ubicadas de alguna manera encima del suelo, muchas de las cuales utilizan el suelo como un bloque de construcción para los terraplenes, presas y amortiguadores convencionales. Por consiguiente, la estabilización del suelo es un factor muy importante, también su estética y su comportamiento funcional [29].

- **Tamaño de las partículas**

Según Hernández et al., [30], los tamaños de las partículas constituyentes del suelo varían ampliamente, sin importar de dónde provenga el suelo. En general, los suelos se denominan grava, arena, limo o arcilla, según la magnitud de partícula predominante y el IP.

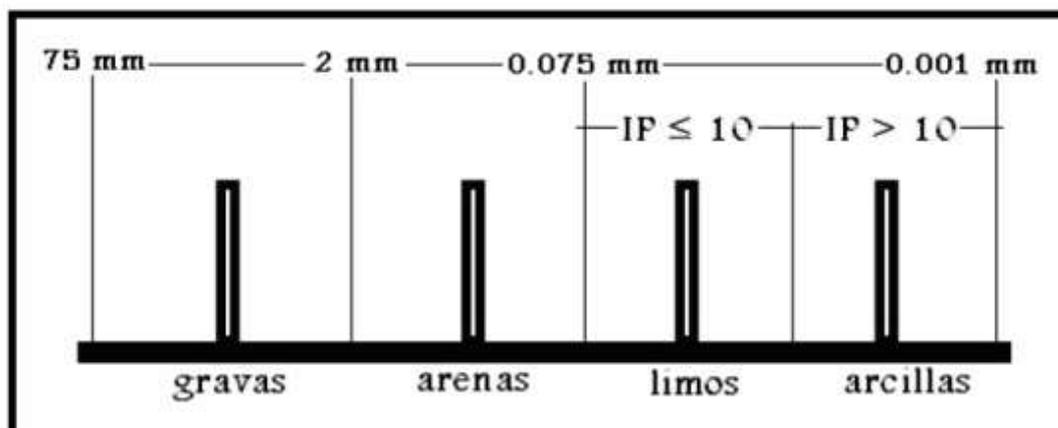


Fig. 1. Rango de tamaños de las partículas de un suelo. [30]

La Asociación Estadounidense de funcionarios de Transporte y Carreteras Estatales (ASSHTO) presentó límites de tamaño de suelo separados para caracterizar los suelos por sus partículas, como se puede ver en la Fig. 4.

Según Gonzales [31], se han categorizado los suelos en cuatro exorbitantes grupos en función de su granulometría:

**a) Gravas:** Se distinguen por tener granos que se pueden ver claramente y tienen un tamaño de grano de entre 8 y 10 mm y 2 mm. Debido a la superficie inerte y los amplios espacios entre partículas, no retienen agua.

**b) Arenas:** Todavía son visibles a simple vista con partículas que van desde 2 a 0.060 mm. Cuando se combinan con agua, no elaboran agregados largos, en cambio son fáciles de separar.

**c) Limos:** con fragmentos entre 0,060 y 0,002 mm (algunas normas establecen que este valor final debe ser 0,005 mm, pero no hay muchas ramificaciones praxis entre las dos distinciones). Son mejores para retener agua que los tamaños más grandes. Cuando se hace un engrudo de agua y limo se aplica a la mano, se puede observar cómo el agua exuda fácilmente cuando se golpea la mano contra ella.

**d) Arcillas:** formado por partículas de 0,002 mm o menos de tamaño. Estas partículas necesitan transformaciones químicas para convertirse en estos tamaños porque ya tienen el tamaño de un gel. Están hechos principalmente de minerales de silicato, que son secuencias de rudimentos tetraédricos y octaédricos unidos por juntas covalentes endebles que permiten que las partículas de agua pasen por las cadenas (el ion de silicio está en medio de cada una de estas estructuras regulares), produciendo que el volumen a veces puede aumentar (recuperable) cuando se produce la evaporación del agua.

- **Distribución granulométrica**

El análisis granulométrico es una separación en distintos tamaños de las partículas del suelo, determinando sus porcentajes, esto se logra a través de un tamizado este procedimiento se realizaría para las partículas más grandes ya que al realizarse en las más

pequeñas es más complejo llegando así a realizarse la sedimentación [32].

El objetivo de la granulometría es hacer una clasificación según su tamaño.

- Grava con un tamaño de 7.5mm-4.75mm;
- Arena que se divide en 3 grupos:
  - Arena gruesa de 4.75 mm - 2.00mm,
  - Arena media de 2.00mm - 0.425mm,
  - Arena fina de 0.425mm - 0.075 mm;
- Limo con un tamaño de 0.075mm - 0.005 mm;
- Arcilla que sería con medida menor a 0.005mm

Según Gonzales [31], para una mejor descripción de la granulometría de un suelo se emplean dos coeficientes:

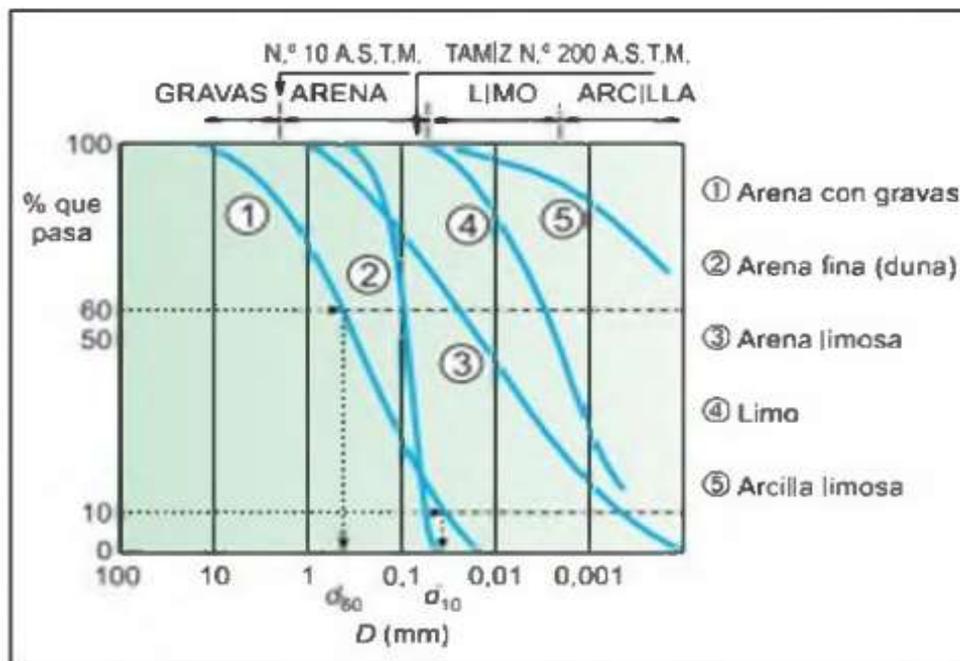


Fig. 2. Granulometría de partículas. [31]

a) El de uniformidad,  $C_u$  que es la asociación entre el diámetro está en concordancia al tamiz por el que pasa un 60 % del material y el diámetro guarda relación al tamiz por el que

pasa el 10 % (Figura 2.4). La granulometría del suelo es uniforme si el  $C_u$  es inferior a 5,

irregular si el  $C_u$  varía entre 5 y 20, y bien graduada si el  $C_u$  es superior a 20. Un suelo alcanzará densidades más bajas, se erosionará más fácilmente, tendrá tamaños de orificios más uniformes, y tienen una granulometría más uniforme en comparación con otros suelos.

**b) El contenido de finos**, llamando así al % de suelo que pasa por el tamiz n.º 200 de la serie A.S.T.M (0,075 mm). Esta semejanza se relaciona con la probabilidad de retención de agua y muestra la cantidad de arcilla y limo que hay en el suelo. La dificultad de expulsar agua bajo estrés aumenta con el contenido de finos.

- **Consistencia del suelo**

El suelo de grano fino que incluye minerales arcillosos se consigue voltear en asistencia de algo de sereno sin que se desmorone. Debido al agua que se ha succionado por la periferia de los fragmentos de arcilla, existe esta cualidad cohesiva. Como resultado, la naturaleza del comportamiento del suelo se puede seccionar arbitrariamente en 4 jerarquías básicas según el contenido de humedad, como se observa en la fig. 1 [33].



**Fig. 3.** Límites de Atterberg. [33]

Según Gonzales [31], Atterberg estableció tres límites: el límite de contracción o consistencia, que distingue entre el estado sólido seco y el estado semisólido; el límite plástico, denotado por el símbolo  $W_p$  que disgrega el estado semisólido del plástico y el LL, WL, que desprende el estado plástico del semilíquido; estos dos últimos límites (son usados con mas frecuencia en la práctica) se establecen con la segmento de suelo que pasa por el

tamiz N.º 40 A.S.T.M (0,1 mm).

**a) Límite plástico:** se calcula amalgamar suelo seco con una pequeña cantidad de agua, formando elipsoides y haciéndolos rodar con la palma de la mano encima de un ámbito lisa hasta que alcancen un diámetro de unos 3 mm y una longitud de 25 a 30 mm. La humedad de los elipsoides es la del límite plástico si se rompen en ese punto en fracciones de unos 6 mm (esto se puede determinar secando varios elipsoides en un horno en las mismas condiciones). Eventualmente pierden humedad y se agrietan si no lo hacen, formando elipsoides una vez más.

**b) Límite líquido:** para determinarlo el suelo seco debe romperse primero con un mazo antes de mezclarse completamente con agua y extenderse encima de un molde conocido como Cuchara de Casagrande (Fig. 7).



**Fig. 4.** Cuchara de Casagrande para indicar el LL. [33]

En medio de la masa dispersa, se forma un surco con un surco, creando un canal de 2 mm de ancho en su parte inferior. Se utiliza una base para sostener el molde, que luego se golpea con cuidado. Una vez que, se dan 25 golpes, el canal se cierra unos 12 mm y el LL es

la roció de la muestra. Dado lo difícil que es lograr esta condición, la humedad se calcula extrapolando 2 muestras, donde se debe lograr un cierre de 12 mm con más y menos golpes de 25.

Se puede encontrar un punto peculiar para cada ejemplar de suelo en el gráfico de plasticidad de Casagrande usando el WL y Wp determinados (Fig. 8), que ilustra la relación entre el LL, WL, y el IP, Ip ( $I_p = WL - W_p$  simboliza el rango de humedad para la transición del estado semisólido al semilíquido).

Según Casagrande, los suelos con  $WL > 50$  se clasifican como de "plasticidad alta" porque absorben agua fácilmente, tienen el potencial de sufrir deformaciones plásticas significativas, etc. Se considera que los suelos tienen "plasticidad baja" si están por debajo de esta marca. Además, estableció una línea «A» (Figura 8) paralela al sentido que se disponen los especímenes de un propio terreno en esa carta.

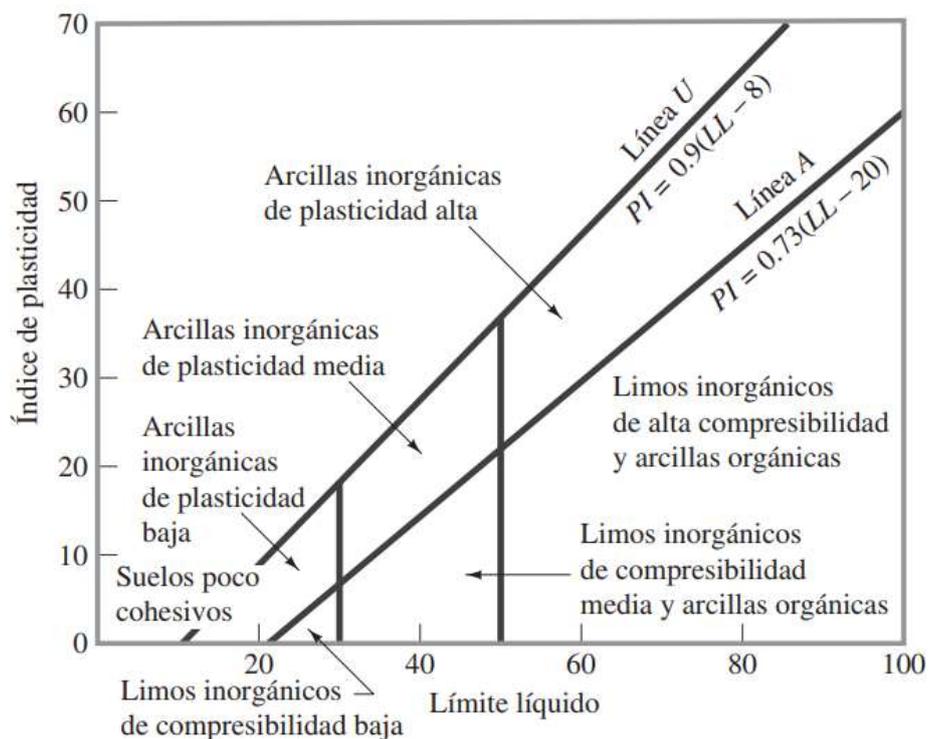
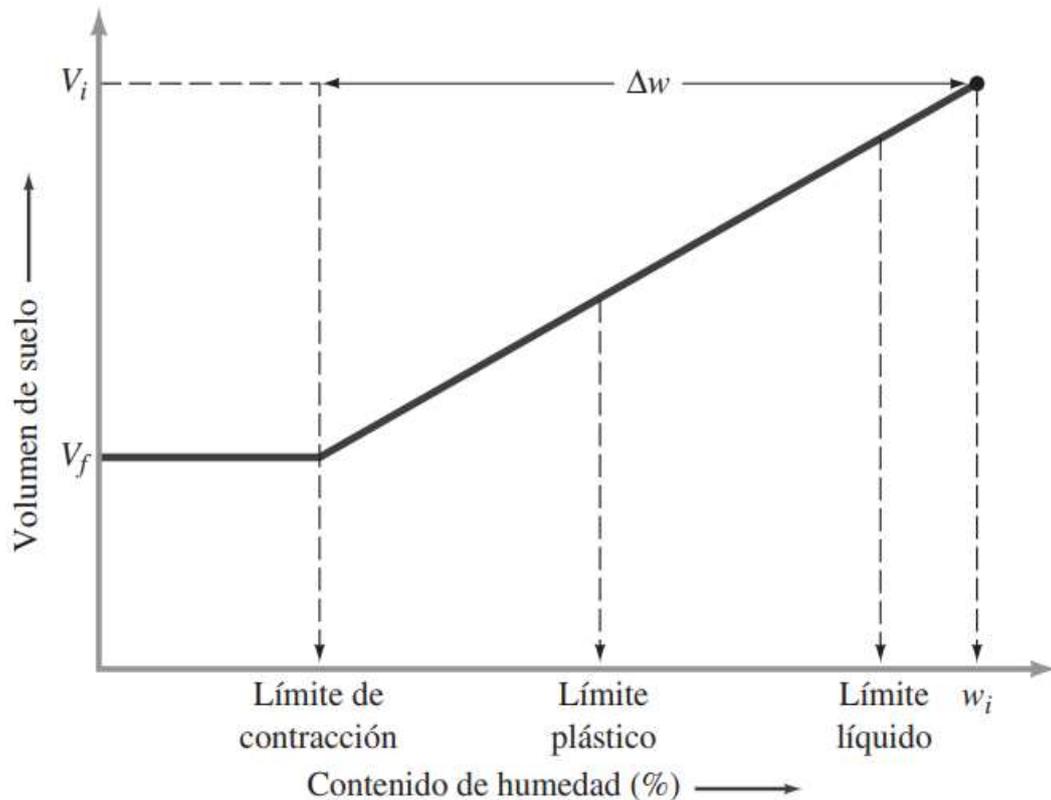


Fig. 5. Carta de plasticidad de Casagrande. [33]

### c) Límite de contracción:

A medida que la humedad se evapora lentamente de la masa del suelo, se contrae. A medida que se pierde humedad con el tiempo, se desarrolla un estado estacionario en el que

cualquier pérdida adicional de humedad no tiene efecto sobre el volumen (Fig. 9). El límite de contracción es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, en el que la masa del suelo deja de cambiar de volumen.



**Fig. 6.** Definición del límite de contracción. [33]

- **Índice de Plasticidad**

Esta propiedad del suelo se presenta cuando se puede deformar hasta un límite sin llegar a un quiebre; midiendo así los distintos comportamientos de los suelos en las diferentes épocas [34].

Se divide en:

Alta – suelos arcillosos –  $IP > 20$

Medio – suelos arcillosos –  $IP$  menor o igual a 20

Baja – pocos arcillosos –  $IP < 7$

N plástico – extensos de arcilla –  $IP = OM$

- **Clasificación del suelo**

Para aplicaciones de ingeniería, actualmente se utilizan ampliamente dos sistemas de clasificación complejos que hacen uso de la repartición granulométrica y la plasticidad del suelo. Estos son el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO).

**a) SUCS.**

Son suelos sin consolidar que se clasifican en dimensiones no mayores a 3 pulgadas, pasados por la malla 200, cubriendo suelos finos y gruesos, considerándose partículas gruesas a los que quedan a través del paso de las mallas hasta la 200 y las partículas finas que pasan a través de malla 200, estas se representan a través de símbolos [35].

**b) AASHTO.**

Su clasificación se basa en grupos y subgrupos, con una distribución de tamaño de partículas, límites plásticos, límites líquidos como se observa en la imagen [36].

Clasificación de Suelos	Clasificación de Suelos SUCS
AASHTO M-145	ASTM-D-2487
A-1-a	GP, GW, GM, SM, SP, SW
A-1-b	GM, GP, SM, SP, SW
A-2	SC, GM, SM, GC
A-3	SP
A-4	ML, CL
A-5	CH, ML, MH
A-6	CH, CL
A-7	MH, OH

**Tabla I**

Clasificación de suelos según norma AASHTO y SUCS [31]

- **CBR**

Es el índice del aguante que da el suelo al corte en un estado humedecido y

compactado, este ensayo ayuda a diagnosticar la idoneidad portante del suelo y agregados ensayados en laboratorio [37].

**Tabla II**

Categoría de sub rasante según CBR

Categorías de Sub rasante	CBR
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

- **Composición de suelos.**

Se dividen en dos categorías: inorgánicos, como arena, arcilla, agua y aire; y orgánicos, como los restos de plantas y animales. El humus es uno de los elementos orgánicos que se encuentran en los suelos. El humus, que tiene un color que va del amarillo al negro y otorga a los suelos un alto grado de fertilidad, es un subproducto de la degradación de sobras vegetales y animales, así como de algunos minerales. Se encuentra en las capas superiores del suelo [30].

**a) Fase sólida:** este grupo de minerales consiste principalmente en sustancias relacionadas con la litosfera como sílice o arena, arcilla o margas y cal. Humus también está incluido.

**b) Fase líquida:** de la hidrosfera está formada por el agua que pasa a través de las partículas del suelo.

**c) Fase gaseosa:** A pesar de tener un mayor porcentaje de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que el aire que respiramos, su composición química es comparable a la del aire que respiramos. Además, posee un elevado contenido de vapor de agua. Los espacios de aire se contraen y se llenan de agua en suelos extremadamente húmedos.

Las partes de una muestra de suelo se describe en la Figura 10.

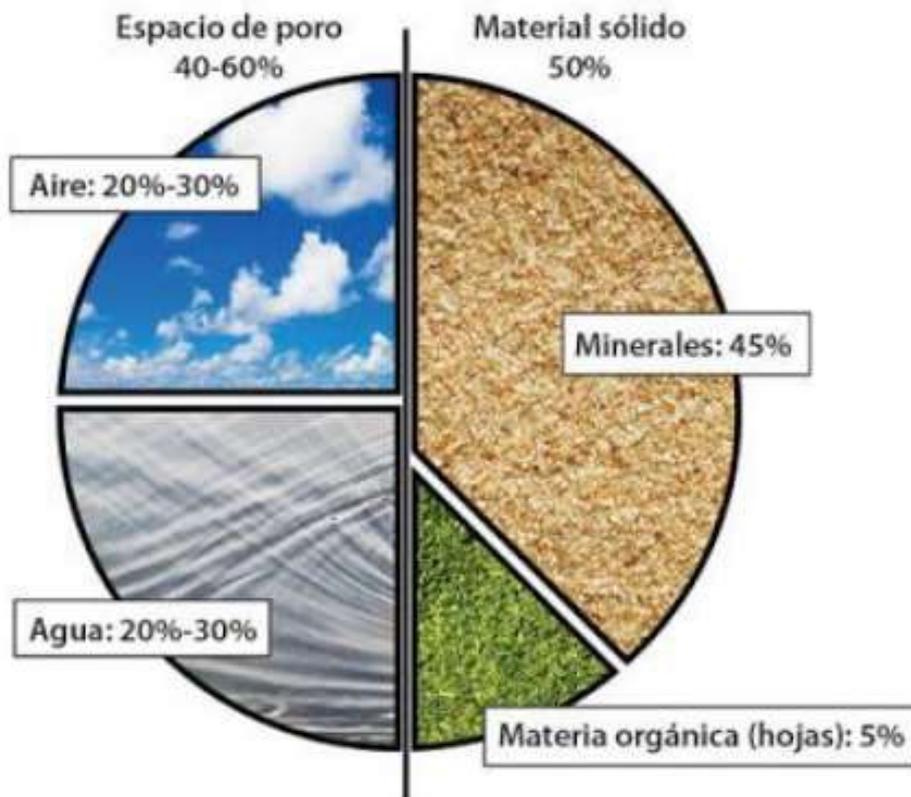


Fig. 7. Composición de los suelos. [30]

- **Compactación de suelos**

- **Proctor**

A través de este ensayo se mide la carga volumétrica deshumedecido y su humedad óptima del suelo en la que es eficiente desarrollar la compactación [38]. Este ensayo se realiza para delimitar un óptimo porcentaje de humedad, para lo cual determina la mayor densidad seca del suelo, con una compactación determinada.



**Fig. 8.** Martillos utilizados en los ensayos Proctor estándar y modificada. [33]

- **Suelos cohesivos**

Este tipo de suelos tiene partículas de arcilla y limo, que es un tipo de suelo que causa grandes problemas a las construcciones dañando el cimiento, ya que se contrae y expande [39].

Comprende partículas pequeñas y una cantidad moderada de arcilla para que el suelo se asociarse a sí mismo. Se les conoce como suelos expansivos ya que tienen cambios volumétricos que dependen de la humedad que contienen [40].

- **Mejoramiento del suelo**

Muchos ingenieros geotécnicos también se refieren a la estabilización del suelo como mejora del suelo. Este es un proceso para acrecentar el dominio de calidad y reducir el costo de alterar las características de ingeniería del suelo in situ o tomado.

**a) Estabilización de suelos**

Es la evolución que se efectúa para que una tierra sea más estable, para llegar a lograr una estabilización por lo general son dos métodos; la primera es a través de una compactación llegando a instaurar el volumen del suelo; y la segunda es llegar a modificar

sus características incorporando conglomerantes; llegando a obtener mejores propiedades del suelo [41].

La estabilización es el procedimiento de entreverar materiales con el suelo para optimar sus propiedades. Este desarrollo puede implicar combinar varios tipos de suelo para lograr la nivelación requerida (estabilización mecánica) o combinar el suelo con aditivos vacantes comercialmente (estabilización física y/o química) que logran incrementar la nivelación, la textura y la plasticidad del suelo. El objetivo primordial de la estabilización es ascender la resistencia mecánica, aumentar el entrelazamiento entre las partículas del suelo y asegurar cambios en las propiedades de humedad del suelo en un intervalo razonable [30] . A partir de los siguientes alcances cruciales:

- 1) Suficiente estabilidad de carga.
- 2) La resiliencia del revestimiento.
- 3) variación volumétrica mínima.

#### **b) Tipos de estabilización.**

Conforme a Brajas [33], hay dos categorías principales de métodos de mejora del suelo:

**Estabilización química:** implementar aditivos químicos para perfeccionar el comportamiento de los suelos. Al mejorar la trabajabilidad del suelo, se puede utilizar para hacer que los materiales de construcción sean más prácticos. Además, se aplica para disminuir la plasticidad y la posibilidad de abultamiento y encogimiento. Las arcillas se utilizan para aproximar las partículas si son dispersivas. Se pueden agregar productos químicos a las arcillas que son difíciles de compactar para ayudar en el proceso al dispersar ligeramente las partículas de arcilla. Este capítulo cubrirá la estabilización química utilizando cenizas volantes, cemento y cal.

**Estabilización mecánica:** Se refiere a técnicas que mejoran las cualidades de ingeniería de suelos particulares sin el uso de aglutinantes u otras potencias de partículas. En otras palabras, esta metodología no tiene en cuenta los efectos químicos o vinculantes.

Entre otras cosas, contiene los elementos enumerados a continuación.

### **c) Usos de la estabilización.**

De acuerdo con Hernández et al., [30] , los usos primarios de la estabilización son:

**1) Mejora de la calidad:** la gradación del suelo es una de las principales mejoras provocadas por la estabilización de la subrasante. Tanto la capacidad de expansión como el índice de plasticidad pueden reducirse. Por otro lado, su dureza y durabilidad han aumentado. La estabilización también se puede utilizar en climas húmedos para ofrecer una superficie más adecuada para la realización de actividades de construcción. "Modificación del suelo" es un término que se puede utilizar para describir estas mejoras.

**2) Reducción de espesores:** Mediante la inserción de aditivos que dejen reducir el grosor de diseño en relación con los materiales no tratados, se puede mejorar la dureza y rigidez del suelo. Si el ejemplar estabilizado para la subrasante exhibe la graduación, dureza, estabilidad y durabilidad necesarias, se pueden reducir los espesores de diseño de la base.

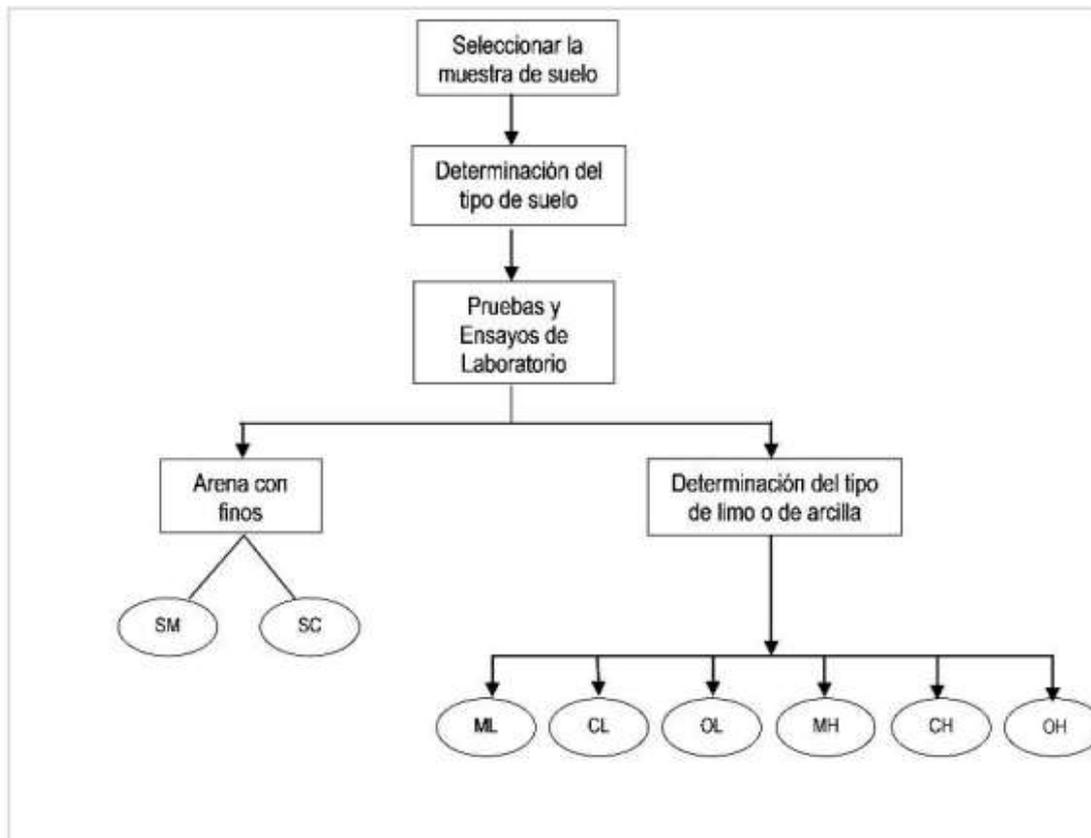
### **d) Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos**

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones [42], menciona los siguientes criterios:

- 1) Para los estratos de subrasante se considerarán adecuados suelos con un CBR inferior o igual al 6%. Si es inadecuado o tiene una subrasante deficiente, o si hay campos húmedos localizadas o zonas blandas, será objeto de una indagación propia para su reemplazo, estabilizar o mejorar.
- 2) Es preciso exhibir una capa de 10 cm de componente anticontaminante cuando el manto de la subrasante sea arcillosa o limosa y, al mojarse, fragmentos de estos materiales puedan introducirse en los matos granulares del pavimento y contaminarlas. espesor mínimo o un geotextil, conforme lo determine el Ingeniero encargado.
- 3) El suelo de la subrasante debe elevarse por sobre del nivel freático en un minúsculo de 0.60 m para subrasantes excepcionalmente buenas, 0.80 m para subrasantes buenas y regulares, 1.00 m para subrasantes deficientes y 1.20 m para subrasantes inadecuadas. subrasantes Se debe identificar el tipo de suelo existente para decretar un tipo de

estabilización. Los tipos de suelo más comunes en esta región son limo, arcilla o arena limosa o arcillosa

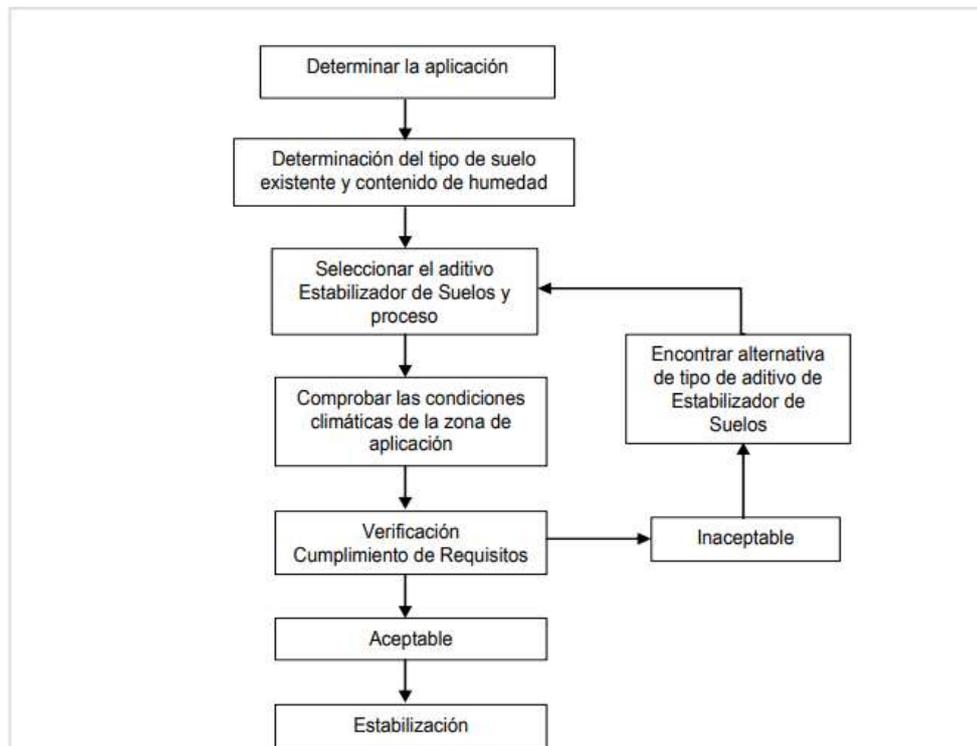
- 4) El impacto de las heladas sobre el suelo se evaluará en regiones elevadas a los 4.000 msnm. La hondura de la capa freática y la propensión del suelo a congelarse generalmente están relacionadas con la acción de congelación. La actividad de congelación no alcanzara a la capa suprema de la subrasante si el nivel freático es más profundo que el valor mencionado anteriormente (1.20 m). Si existen suelos propensos a congelarse en la capa alta de la subrasante (los últimos 0.60 m), estos suelos se repondrán en el grosor comprometido o se elevará la rasante con un material granular oportuno, hasta el necesario nivel. Son suelos limosos que son propensos a la congelación. Con exclusión de las arenas finas homogéneas, que no son susceptibles a los suelos a pesar de contener hasta un 10% de materiales de dimensiones inferior a 0,02 mm, los suelos que contengan más del 3% en masa de un elemento de tamaño menos significativo a 0,02 mm tampoco son susceptibles a los suelos. congelación. Los suelos consolidados, en general, abarcan cantidades inferiores del 3% de su peso en materiales menores de 0.02 mm.
- 5) Es imprescindible conocer el tipo de suelo que existe para determinar una clase de estabilización del suelo. El limo, la arcilla o la arena limosa o arcillosa son las clases de suelo que prevalecen más en esta región.



**Fig. 9.** Proceso para la Identificación del Tipo del suelo. [43]

6) A la hora de decidir qué técnica de estabilización es la más adecuada, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- La clase de suelo estabilizador.
- El uso de suelo estabilizado planteado.
- El tipo de adición del estabilizador de suelo.
- Conocimiento del método de estabilización a utilizar.
- El tipo de adición de estabilizador está fácilmente disponible.
- La accesibilidad de los equipos adecuados.
- Comparaciones de costos.



**Fig. 10.** Proceso selectivo del Tipo de Estabilización. [44]

#### e) Propiedades en la estabilización de suelos

Las subsecuentes propiedades del suelo, según Montejo [45], deben ser consideradas por el ing. encargado.

**a) Estabilidad volumétrica:** Es necesario identificar los suelos cohesivos para su tratamiento adecuado a fin de evitar los cambios de volumen que experimenta el suelo en relación con la humedad de manera frecuente. Estos cambios de volumen también se conocen como expansión y contracción.

**b) Resistencia:** Una arcilla puede lograr una alta resistencia cuando se expone a altas temperaturas, y al agregarle humedad es donde la resistencia disminuye. La resistencia es baja cuanto mayor es el porcentaje de humedad en la masa.

**c) Permeabilidad:** Los problemas de permeabilidad en los suelos son causados por problemas fundamentales con la disipación de poros y la permeabilidad al agua. Cuando se compacta un suelo arcilloso con poca humedad, se obtiene una alta permeabilidad porque se

crean vacíos intersticiales. También se descubre que, a mayor humedad de compactación, menores permeabilidades se producen en el suelo compacto, reduciendo grandes vacíos.

**d) Comprensibilidad:** Cuando se altera la permeabilidad, las propiedades del suelo se ven afectadas por el cambio de volumen o comprensibilidad. Y como resultado, las fuerzas entre las partículas cambian su resistencia al esfuerzo cortante tanto en dirección como en magnitud. Donde la humedad realiza un papel esencial en la compactación del suelo compactado.

- **Ensayos de clasificación para suelos**

Los estándares necesarios son: granulometría, límite líquido, límite plástico, Proctor, CBR [46]

- **Concreto reciclado**

Se conoce como concreto reciclado a la reutilización de este material el cual es abandonado en botaderos después de una demolición. Llegando así a formularse el concepto de desarrollo sostenible que quiere decir cubrir las necesidades de la población actual sin desabastecer las poblaciones futuras. Esta teoría se aplica en el entorno de los residuos que nos dice que un país desarrollado no es aquel que genera más residuos si no el que genera menos o les da un mejor uso [47].

El concreto desechado aumenta con los años ya que la demanda de construcciones nuevas y las demoliciones de las antiguas aumenta debido a la urbanización [48].

- **Clasificación de los residuos**

Los sobrantes de la construcción y demolición (RCD), según el Decreto Supremo N°003-2013 se encuentran categorizados en el artículo 7 (ver Tabla III) [49].

---

**Residuos peligrosos.**

**Residuos no peligrosos**

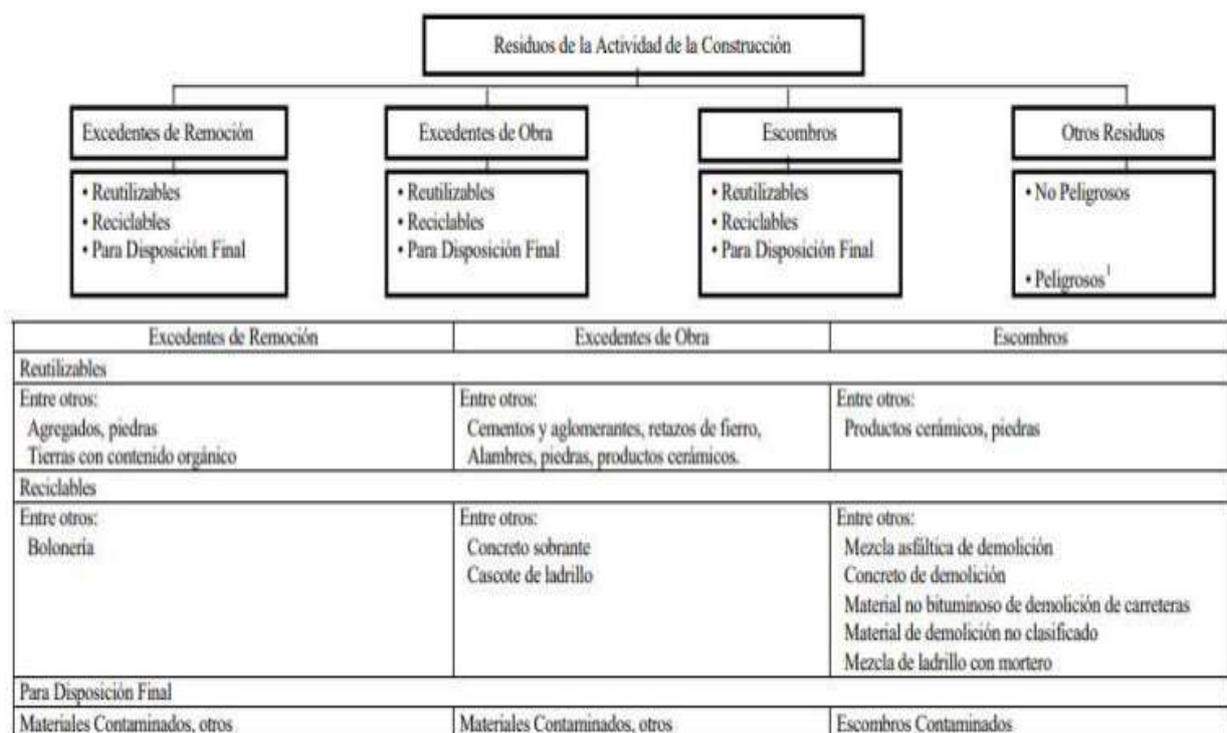
---

Sobras de maderas tratadas	Instalación: Mobiliarios fijos de cocinas.
Envase de removedor de pintura, aerosol, grasas, etc.	mobiliarios fijos de cuartos de baños.
Envase de: pintura, solvente, pesticida, contrachapado de maderas, cola, laca	Cubierta: Teja, tragaluz y claraboya, solera prefabricada, tablero y placa sándwich.
Sobras de tubos fluorescente, transformador, condensador, etc.	Fachadas: Puerta, ventana, revestimiento de piedras y elemento prefabricado de concreto.
Sobras de PVC (solo luego de ser sometidos a temperaturas mayores a 40°	Partición interior: Mampara, tabiquería móvil o fija, barandilla, puerta y ventana.
C	Acabados interiores: Cielos rasos,
Sobras de planchas de fibrocemento con asbesto, piso de vinilo asbesto, panel.	pavimento flotante, alicatado y elemento de decoración
Envase de preservante de maderas.	Estructura: Vigas, pilares y elementos prefabricados de concretos.
Sobras de cerámico, batería	
Filtros de aceite, envase de lubricante.	

**Tabla III**

Clasificación de RCD

En la Norma Técnica Peruana NTP 400.050 [50], se menciona sobre la actividad de la construcción y demolición que se dividen en excedentes de remoción, de obra y otros restos (ver fig. 14).



**Fig. 11.** Clasificación y alternativa de manipulación de los residuos de la actividad de la construcción. [50]

### Norma peruana de agregados reciclados

“Ley N° 27314, que es la Ley Absoluta de Residuos Sólidos”. En el decreto legislativo N° 1065, que rectifica la Ley N° 27314 en esta se da a conocer formas de la aplicación de residuos provenientes de las actividades de demolición y construcción.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

- **Enfoque de estudio:** cuantitativo

#### **Tipo de investigación.**

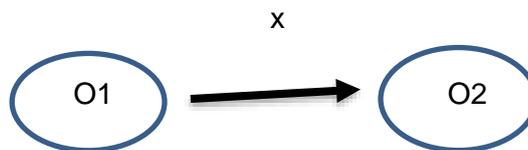
Investigación cuantitativa con nivel explicativo, ya que al observar se recolecta apuntes numéricos, esta es una forma transparente para conocer la realidad, obtener una contestación a nuestras preguntas prescritas en esta investigación y colocar a prueba la hipótesis [51].

#### **Diseño de investigación.**

Investigación experimental, porque en este estudio se realizó una evaluación activa, logrando tener una reacción al efecto de una manipulación obteniendo los resultados que producirá; se recopila la información independiente y en conjunto de las variables que se están estudiando [52].

En esta investigación se quiere determinar la reacción de la incorporación de concreto reciclado pulverizado como estabilizador, obteniendo los resultados mediante la realización de ensayos.

#### **Esquema de diseño:**



O1: Observación del suelo natural

O2: Observación del suelo natural estabilizado con concreto reciclado pulverizado al 10%, 20%, 30% y 40%

X: Concreto reciclado pulverizado

## **2.2. Variables, Operacionalización**

### **Variables.**

Esta es una propiedad editable adecuada para observación y medición. “Una variable es valiosa para la búsqueda científica si está relacionada con las otras variables, es decir, si es pieza de una conjetura o especulación [53].

#### **Variable independiente.**

VI 1: Concreto reciclado pulverizado.

#### **Variable dependiente.**

VD 1: Propiedades de los suelos cohesivos.

#### **Operacionalización.**

Es un desarrollo con una estrategia de trabajo que radica en segregar las variables que constituyen el problema a investigar, desde lo general hasta los puntos específicos, teniendo como objetivo armar la matriz metodológica, que se trabajara para atenuar la hipótesis [54].

A continuación, se muestra los cuadros del desglosamiento de las variables, teniendo como objetivo estructurar la matriz metodológica.

**Tabla IV**

Operacionalización de la variable

<b>Variable independiente de estudio</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Valores finales</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Concreto reciclado pulverizado</b>	El concreto reciclado se crea cuando se demuelen edificios públicos o privados con la intención de utilizarlo como estabilizador del suelo.	Las mejores proporciones de concreto reciclado se determinarán después de que se haya triturado y mezclado con el suelo para estabilizarlo.	Propiedades Físicas	Granulometría	Observación y examen de documentos, pruebas de laboratorio sobre materiales	%	Variable numérica	De razón

**Tabla V**

Operacionalización de la variable

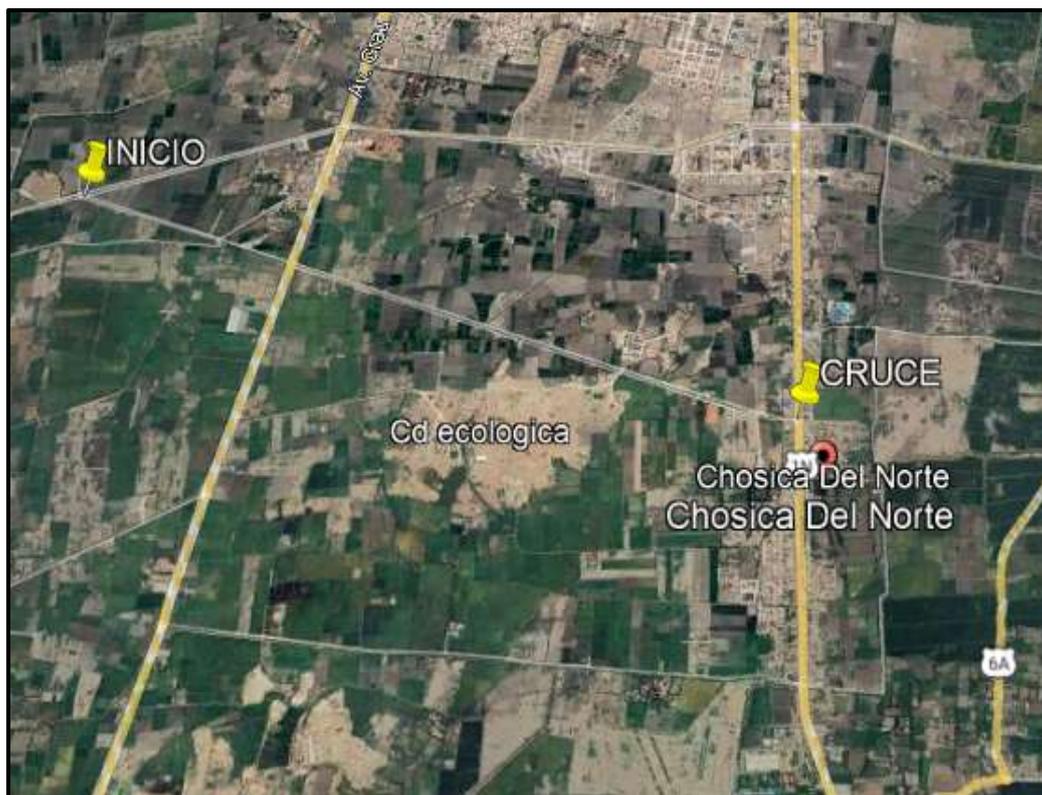
Variable dependiente de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
<b>Estabilización de suelos cohesivos</b>	Implica el uso de un agente estabilizador para mejorar suelos cohesivos.	Cuando el suelo cohesivo se ha vuelto estable, se miden CBR y estudios adicionales.	Propiedades Físicas	Peso específico	Observación	N/ m3	Variable numérica	De razón
				Contenido de Humedad	y examenación	%		
				Límites de consistencia	de documentos,	%		
				Granulometría,	pruebas de	%		
			Propiedades mecánicas	CBR del suelo cohesivo	laboratorio sobre	Kg/cm <sup>3</sup> (%)		
				Proctor del suelo cohesivo	materiales			

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

- **Población**

Se le conoce como grupos de personas, individuos, entidades que son razón para realizar una investigación [55].

En este estudio tenemos como población a las vías de comunicación de Chosica del norte la Victoria-Chiclayo. (Ver figura nº2)



**Fig. 12.** Ubicación de la zona de estudio Chosica del Norte, Chiclayo, Lambayeque.

- **Muestra**

Llega a ser un subconjunto, o un fragmento de la población, que son seleccionados del todo, pero en todo momento se tiene en cuenta como representatividad del universo [55].

Se tomo 4km de la vía Chosica del Norte, vía en la que se realizó 3 calitas por kilómetro, obteniendo un total de 12 muestras para realizar estudios en laboratorio como: granulometría, LL, LP, Proctor y CBR. Estos ensayos se realizarán con incorporación de concreto reciclado pulverizado en un 10, 20, 30 y 40%.



**Fig. 13.** Localización de las calicatas realizadas en el camino LA-784/Huaca Blanca.

**Tabla VI**

Relación de calicatas de exploración del estudio de suelos.

Calicata	Profundidad (m)	Nivel freático (m)	Nº muestras	coordenadas UTM	
				Este	Norte
1	1.50	No presenta	1	0625315	9246225
2	1.50	No presenta	1	0625891	9246031
3	1.50	No presenta	1	0626070	9245962
4	1.50	No presenta	1	0626183	9245927
5	1.50	No presenta	1	0626631	9245777
6	1.50	No presenta	1	0626891	9245688
7	1.50	No presenta	1	0627156	9245590
8	1.50	No presenta	1	0627813	9245370
9	1.50	No presenta	1	0628004	9245300
10	1.50	No presenta	1	0628184	9245240
11	1.50	No presenta	1	0628593	9245096
12	1.50	No presenta	1	0629105	9245927

**Muestreo.** Este estudio se basó en una estabilización de suelos cohesivos, se ejecutaron estudios con porcentajes de 10, 20, 30 y 40% de concreto reciclado pulverizado, obteniendo 5 muestras por calicata y un total de 60.

**Criterios e selección.** Se compone en muestras de suelos que se realizaron estudios en un laboratorio como granulometría, LL, LP, Proctor y CBR, en los cuales se verificó la resistencia del suelo a las cargas transmitidas.

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

### **Técnica de recolección de datos.**

#### **Observación:**

Indagación visual con un suceso real, se estudiará la consecuencia que tiene el concreto reciclado pulverizado al combinar con el suelo natural, registrando los resultados alcanzados, que al realizarse distintos ensayos se dan a conocer [56].

#### **Análisis de datos:**

Se dispondrá de libros, artículos, tesis, norma técnica peruana, etc. Concerniente a la materia que se indago [57].

#### **Instrumento de recolección de datos**

Es el seguimiento hasta llegar con la medición de una variable, es un procedimiento y actividades que a través de esta podemos comprobar la problemática planteada de cada variable que se estudiara [58].

#### **Ensayos de laboratorio**

El laboratorio de investigación sobre estabilización de suelos se realizó de manera externa en EMP-Asfaltos.

#### **Guía de documentos**

Como guía se emplean las normas ASTHO, SUCS, NTP; las cuales establecen parámetros apropiados para la ejecución de los diferentes ensayos que se realizaran en laboratorio con el fin de conseguir resultados verídicos.

### **Validez y confiabilidad.**

#### **Validez**

Es poder medir lo que el instrumento está intentando medir y el dispositivo verifica la fiabilidad que tiene [59].

#### **Confiabilidad**

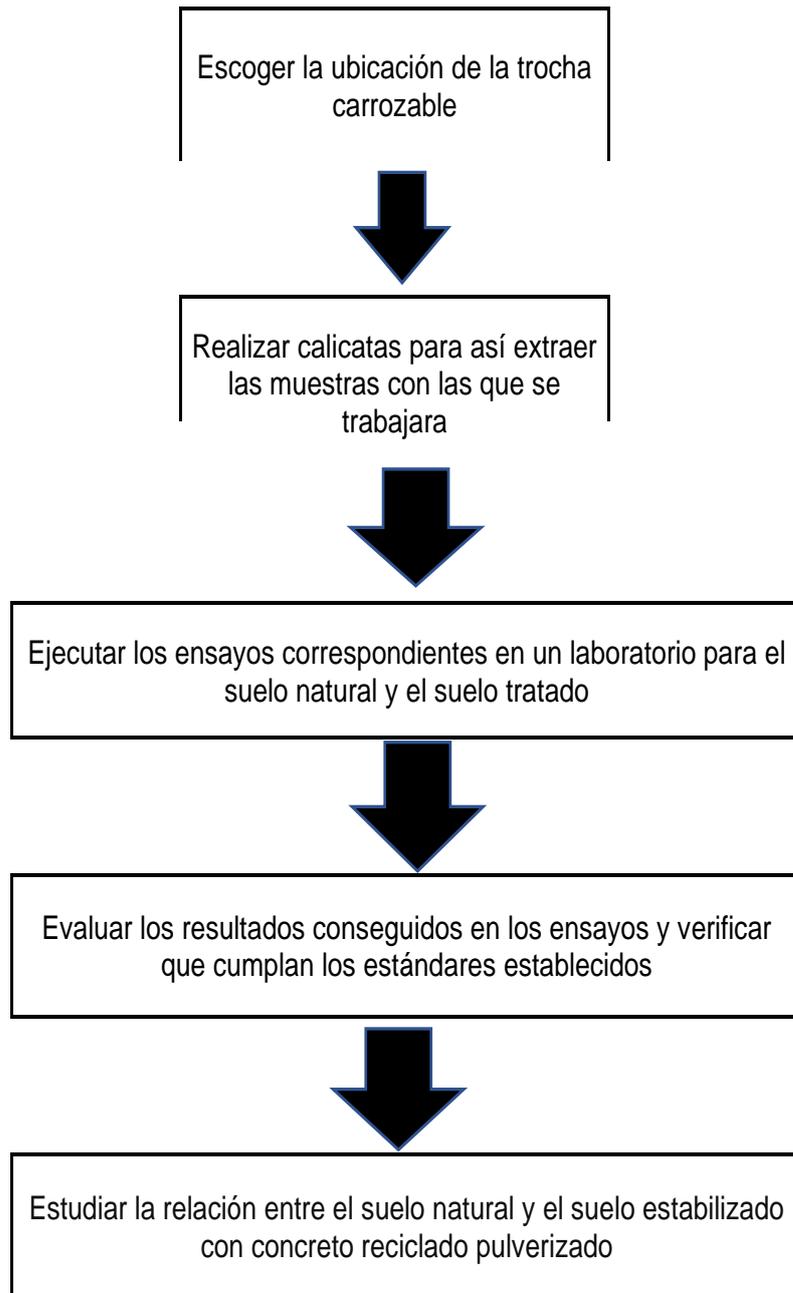
Es la condición de un instrumento para adquirir mediciones reales, las cuales se darán

a conocer, a su vez es la seguridad de que los resultados no serán alterados [60]

Cada ejecución de prueba se evalúa teniendo en cuenta el estándar correspondiente a la prueba anterior. La mayoría de ellos se realizan en el laboratorio cuando se trata de la confiabilidad de los resultados. Teniendo en cuenta que para que sea confiable las pruebas son altamente dependientes de la calibración y el manejo del instrumento.

## **2.5. Procedimiento de análisis de datos**

**Diagrama de flujo de procesos.**



**Fig. 14.** Diagrama de flujo de procesos.

## Descripción de procesos.

### - Ubicación de la zona de evaluación

El camino vecinal de la cual se recopilaron las muestras es Chosica del Norte Chacupe en el distrito de la Victoria, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque (ver figura 17).

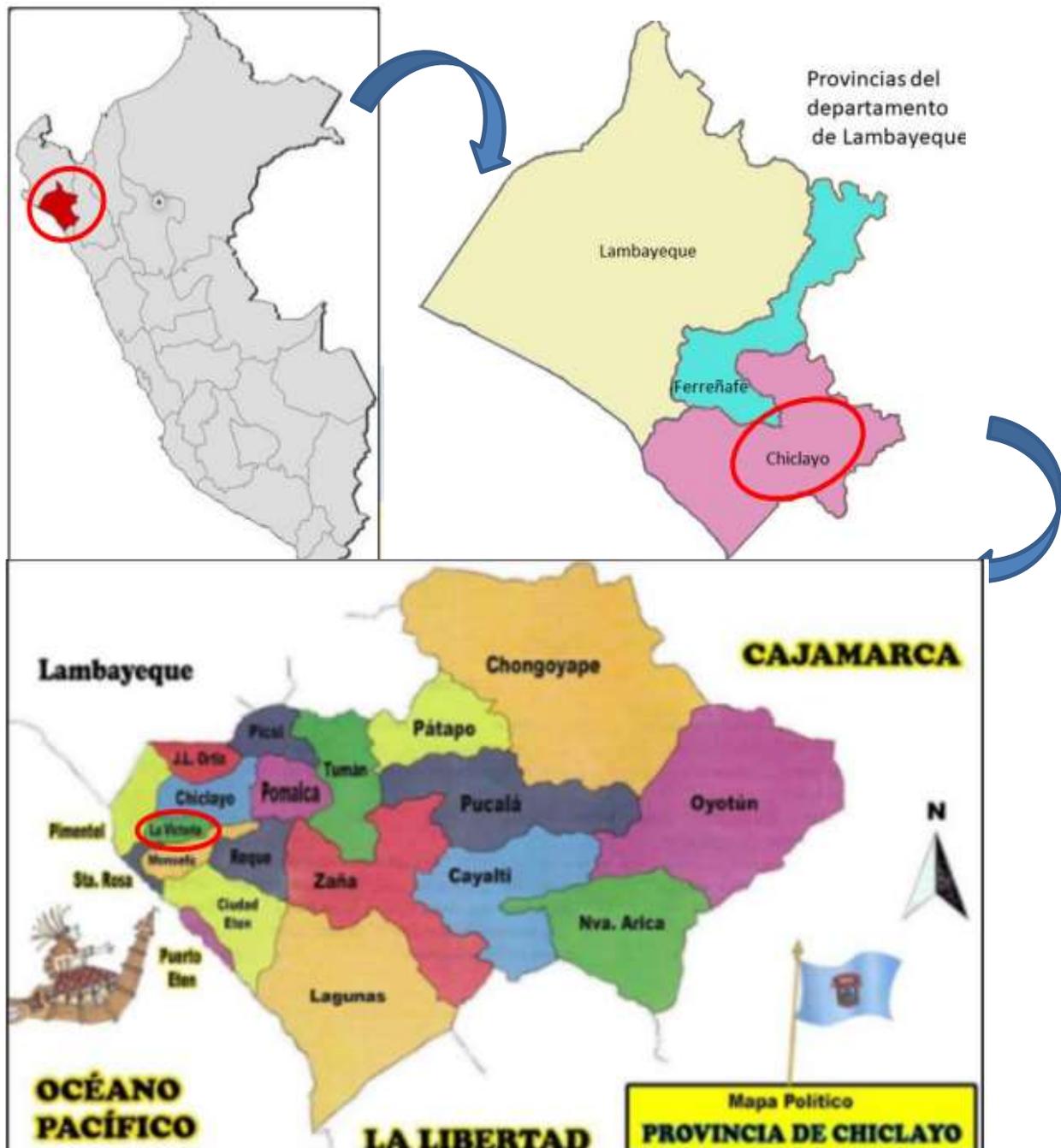


Fig. 15. Ubicación geográfica del área de estudio de la investigación.

El camino vecinal cuenta con 4.16 km de la cual se estudió 4km, estableciéndose explorar 3 calicatas por cada km estudiado

- **Obtención de muestras de suelos**

Para este estudio se realizaron 12 calicatas a “cielo abierto” en un tramo de 4 km, divididos en 3 calicatas por 1km; con una profundidad de 1.50m según norma ASTM D420-69, que se dividieron en dos maneras en bolsas herméticas para evitar la pérdida de la humedad natural, y en sacos con un aproximado de 60kg para realizar todos los ensayos correspondientes en el laboratorio: Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos.



**Fig. 16.** Camino vecinal Chosica del Norte Chacupe.

**Obtención del concreto reciclado**

El material de concreto reciclado que se empleó en esta investigación se extrajo de las demoliciones de construcciones de concreto.

Se recolectaron los fragmentos de concreto simple los cuales fueron trituradas en la chancadora Piedra Azul en Picsi, ya que las recolecciones de estos fragmentos son en tamaños grandes las cuales no pueden ser utilizadas sin tener un debido proceso de

trituration y un tamizaje por la malla N° 50 que se almacenaron en baldes y sacos, con total de 2 baldes, que se utilizaron para todos los ensayos.



**Fig. 17.** Trituración de concreto reciclado en la chancadora Piedra Azul

Este proceso se realizó después de a ver recaudado el concreto simple, el material que se extrae de la trituración pasa a ser tamizado por la malla N°100, almacenando el material que pasa.



**Fig. 18.** Recolección del material que paso por la trituradora



**Fig. 19.** Tamizaje por la malla N°50



**Fig. 20.** Almacenamiento de material tamizado

- **Ejecución de ensayos de laboratorio**

Después de haber realizado las 12 calicatas y extraído el suelo, se empieza a ejecutar los diversos ensayos en laboratorio analizando física y mecánicamente sus características.

## Propiedades físicas del suelo

### A. Análisis granulométrico de suelos por tamizado:

El objetivo de este ensayo es saber los porcentajes en que se distribuyen las partículas del suelo a través de los distintos tamices este ensayo se ejecutó con forme NTP 339.128.

#### Herramientas y equipos utilizados:

- Balanza con sensibilidad de 0,01g
- Tamices especificados en la Norma
- Horno
- Cepillo y brocha
- Taras (envases para manejar las muestras)



**Fig. 21.** Granulometría a través del tamizado

### B. Límites de Atterberg

Son un conjunto de ensayos los cuales te permiten clasificar el suelo según SUCS, estos ensayos van de la mano con el contenido de humedad, obteniendo el rango en el que el suelo permanece en estado plástico (NTP 339.129); estos ensayos se realizan con el suelo que pasa la malla N°40.

### B.1. Limite líquido

Se sitúa una pequeña ración de suelo en la Copa de Casagrande la cual se debe unificar de extremo a extremo en la copa para luego realizar una ranura en la mitad, girando el manubrio hasta que la ranura se junte realizando 25 golpes con un movimiento contante de 2 golpes por segundo; este ensayo se ejecutó con forme NTP 339.129.

#### Herramientas y equipos utilizados:

- Balanza con sensibilidad de 0,01g
- Tamiz N° 40 especificados en la Norma
- Horno
- Copa de Casagrande
- Ranurador plástico
- Espátulas
- Taras (envases para manejar las muestras)



Fig. 22. Ensayo límite líquido

## **B.2. Límite plástico**

En este ensayo se realiza un elipsoide alargado dando giros con la palma de la mano contra una superficie de vidrio hasta que el diámetro sea de 3.2mm en un tiempo no mayor de dos minutos, este ensayo se ejecutó con forme NTP 339.129.

El estado plástico es un intermedio entre el estado semisólido y plástico.

### **Herramientas y equipos utilizados:**

- Balanza con sensibilidad de 0,01g
- Tamiz N° 50 especificados en la Norma
- Horno
- Base de vidrio
- Espátulas
- Taras (envases para manejar las muestras)

## **2.6. Criterios éticos**

### **Ética de la recolección de datos**

La recopilación de datos se llegó a usar formatos ya establecidos por las normas técnicas peruanas, se asume con responsabilidad y veracidad no adulterando los frutos recolectados, o los datos que se utilizaran en esta indagación, la cual podrá ser utilizada en un futuro para aportes de nuevos materiales para la estabilización de suelos, teniendo una información actualizada y verídico, pudiendo ser una base para las investigaciones futuras.

### **Ética de la publicación**

Al dar por culminada esta investigación la cual ha sido hecha con un fin de innovar en la rama de suelos y aplicarlo en la estabilización, siendo una base y referencia para futuros estudios, realizándose de manera correcta mediante citada y reconocimiento a la autora.

### **Ética de la aplicación**

El objetivo es proteger los derechos autorales, sin plagiarlos en la evolución de su investigación, en cumplimiento de la ética profesional, normativa nacional o internacional.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

En esta sección se presentan y precisa la información obtenida de las evaluaciones realizadas de la caracterización de las muestras de suelo de las calicatas, las evaluaciones de compactación, las pruebas de CBR de las muestras patrón y muestras con porcentajes de concreto reciclado.

- Para el primer objetivo: **Identificar las propiedades físicas del suelo de estudio.**

Tabla VII

#### Información de propiedades físicas de las muestras de suelo natural

Calicata	Profundidad	Contenido de humedad	LL	LP	IP	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
C-01_M01	1.50	20.0%	54.2	29.7	24.5	MH	A-7-6(17)
C-02_M01	1.50	20.0%	35.7	19.8	15.9	CL	A-6(10)
C-03_M01	1.50	19.4%	27.0	15.4	11.6	CL	A-6(5)
C-04_M01	1.50	12.3%	37.1	19.2	8.4	CL	A-4(7)
C-05_M01	1.50	21.5%	27.0	19.6	7.4	CL	A-4(4)
C-06_M01	1.50	23.6%	24.8	20.8	4.0	ML	A-4(4)
C-07_M01	1.50	25.0%	20.1	27.8	22.3	CH	A-7-6(15)
C-08_M01	1.50	14.2%	33.7	21.6	12.1	CL	A-6(8)
C-09_M01	1.50	17.6%	32.0	21.7	10.3	CL	A-6(7)
C-10_M01	1.50	22.3%	58.1	30.1	28.0	CH	A-7-5(19)
C-11_M01	1.50	21.2%	44.3	25.7	18.6	CL	A-7-6(12)
C-12_M01	1.50	13.3%	37.2	22.9	14.3	CL	A-6(10)

De las 12 calicatas profundizadas a 1.50m exponiendo una clase de suelo por medio de la clasificación SUCS, siendo la mayoría una arcilla de baja plasticidad (CL) y los ejemplares (C-07 y C-10) designadas como arcilla de alta plasticidad (CH), limos de baja plasticidad ML en las muestras C-06 y limos de alta plasticidad MH en la muestra C-01.

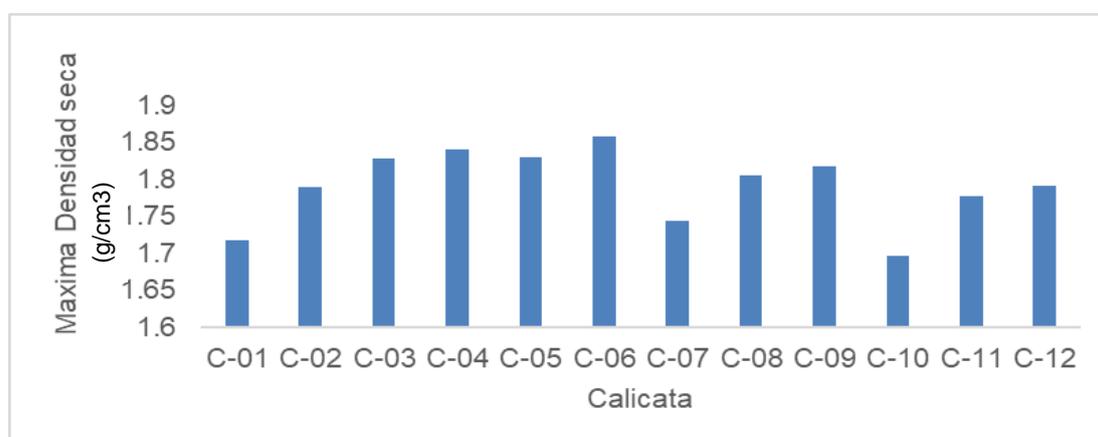
- Para el segundo objetivo:

### Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural en estudio

**Tabla VIII**

Información recopilada de la compactación Proctor de las calicatas en exploración en el camino LA-784/Huaca Blanca, Chosica del Norte

Calicata	Densidad Máxima Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Humedad (%)
C-01	1.717	18.33
C-02	1.789	15.96
C-03	1.829	15.39
C-04	1.841	14.24
C-05	1.83	14.47
C-06	1.858	13.36
C-07	1.744	17.07
C-08	1.806	15.33
C-09	1.817	15.18
C-10	1.696	19.43
C-11	1.778	15.92
C-12	1.791	15.41



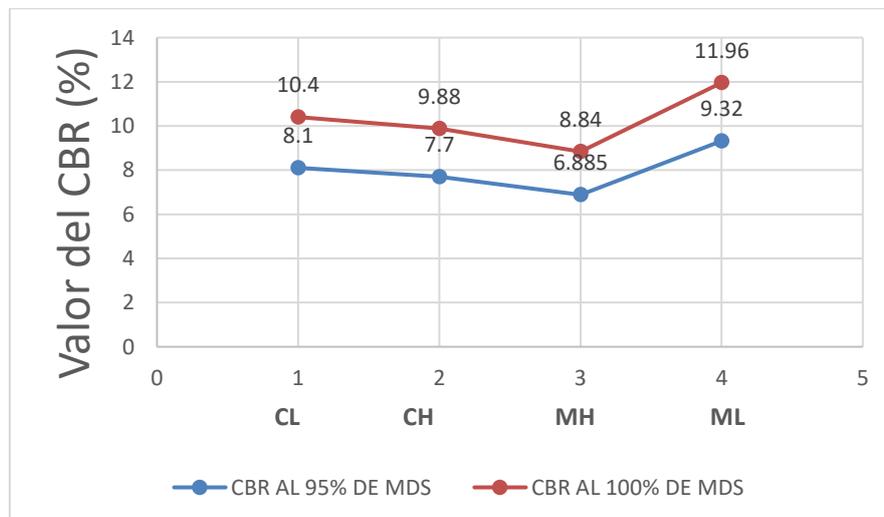
**Gráfico 1.** Datos de la máxima densidad seca del ensayo de compactación de las muestras de suelo natural.

Se efectuó el proceso de compactación o Proctor modificado obteniéndose valores entre el rango de 1.696 a 1.858 g/cm<sup>3</sup> (ver gráfico 1) para su grado de compactación, siendo la calicata N°06 la que tiene una muestra de suelo natural de mayor densidad como también de una humedad optima de 13.36% teniendo un valor menor a las demás muestras extraídas.

**Tabla IX**

Información recopilada del ensayo CBR al 95% y 100% de su Máxima densidad seca del suelo natural, camino LA-784/Huaca Blanca, Chosica del Norte

Muestra	CBR al 95%	CBR al 100%
M-01/CL	8.1	10.4
M-01/CH	7.70	9.88
M-01/MH	6.885	8.84
M-01/ML	9.32	11.96



**Gráfico 2.** Ensayo de CBR de las muestras patrón de suelo cohesivo según el resumen de calicatas al 95% y 100% de su MDS.

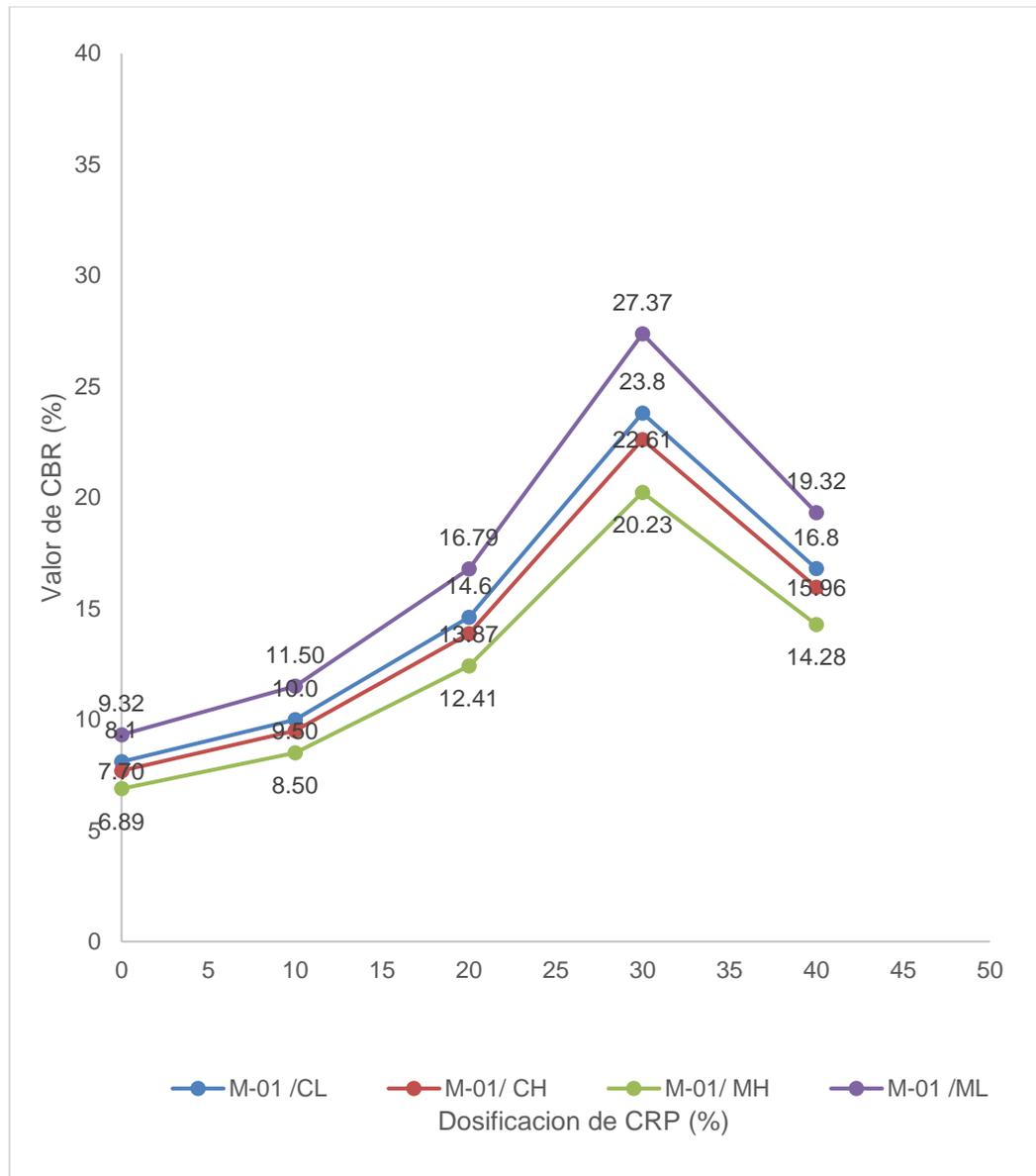
Se realizó la probatura CBR para una penetración de 0.1" las muestras patrón al 95% de los 4 tipos de suelo dieron como resultados valores de 8.1, 7.70, 6.885 y 9.32% respectivamente. Así mismo, al ensayarlas a un CBR al 100% de su máxima densidad de los 4 tipos de suelo presentaron valores de 10.4, 9.88, 8.84 y 11.96 %.

- Tercer objetivo: **determinar las características físicas y mecánicas del suelo natural incorporando el concreto reciclado pulverizado en porcentajes en peso del suelo en estudio 10%, 20%, 30%, 40%.**

**Tabla XI**

Datos del ensayo CBR al 95% y 100% de su Máxima densidad seca del suelo natural incorporando porcentajes de concreto reciclado pulverizado a una penetración de 0.1”.

<b>Muestra</b>	<b>Aditivo (Concreto reciclado pulverizado)</b>	<b>CBR al 95%</b>	<b>CBR al 100%</b>
<b>M-01 /CL</b>	0	8.1	10.4
	10	10.0	17.6
	20	14.6	22.2
	30	23.8	34.6
	40	16.8	28.6
<b>M-01/ CH</b>	0	7.70	9.88
	10	9.50	16.72
	20	13.87	21.09
	30	22.61	32.87
	40	15.96	27.17
<b>M-01/ MH</b>	0	6.885	8.84
	10	8.5	14.96
	20	12.41	18.87
	30	20.2	29.41
	40	14.28	24.31
<b>M-01 /ML</b>	0	9.32	11.96
	10	11.50	20.24
	20	16.79	25.53
	30	27.37	39.79
	40	19.32	32.89



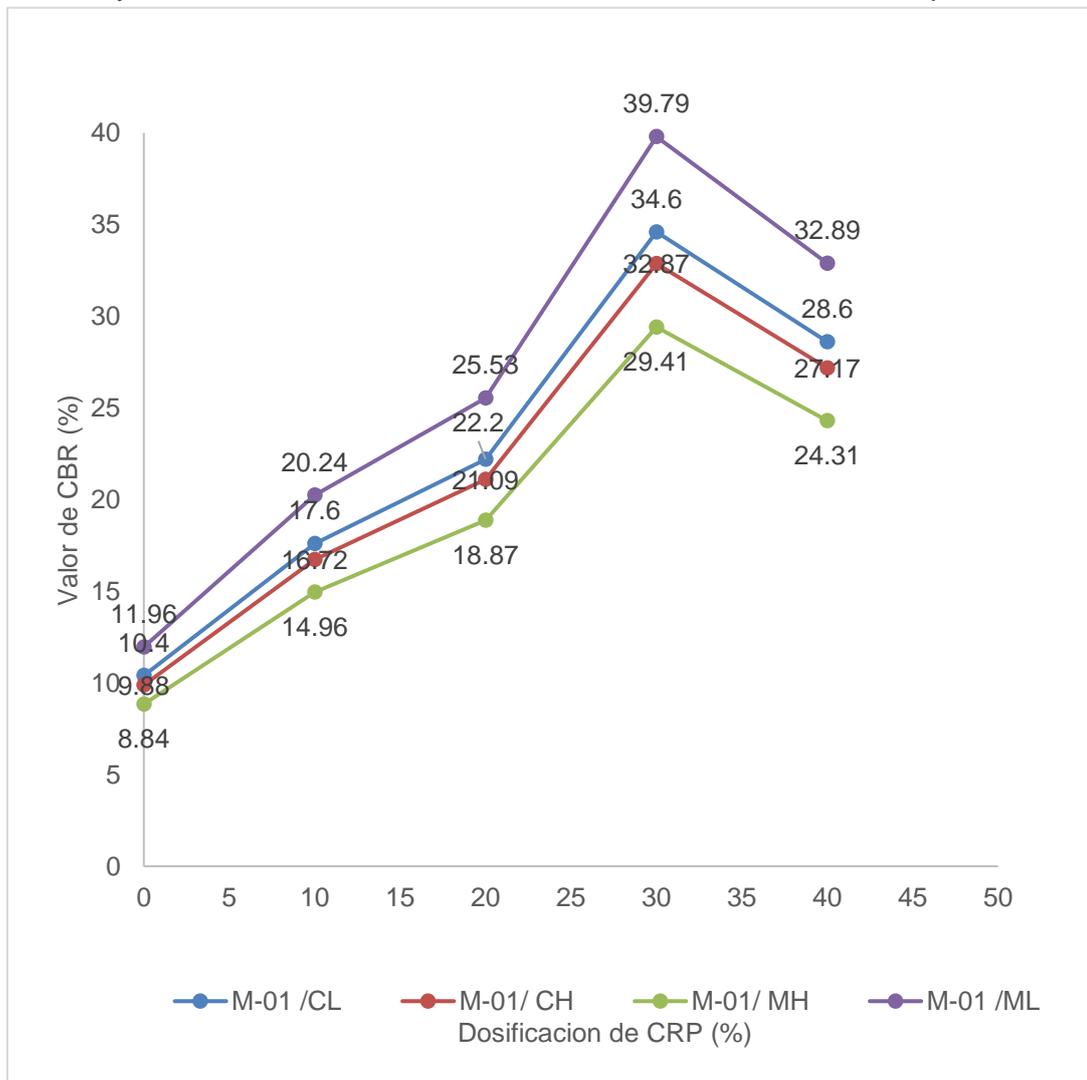
**Gráfico 3:** Ensayo de CBR al 95% de su MDS para una penetración de 0.1” de las muestras de suelo y con la incorporación del concreto reciclado pulverizado.

En el gráfico se presenta los datos de la probatura CBR a una carga de 0.1” para la muestra patrón (la muestra M-01) del tipo de suelo CL y de las dosificaciones con 10, 20, 30 y 40% de concreto reciclado pulverizado evaluada al 95% obteniéndose como resultados valores de 8.1% para la muestra natural y 10, 14.6, 23.8 y 16.8% respectivamente para las muestras con adiciones de CRP. Por otra parte, el CBR a una carga de 0.1” para la muestra patrón (la muestra M-01) del tipo de suelo ML y de las dosificaciones con 10, 20, 30 y 40% de concreto reciclado pulverizado evaluada al 95% obteniéndose como resultados valores de

9.32% para la muestra natural y 11.5, 16.79, 27.37 y 19.32% respectivamente para las muestras con adiciones de concreto reciclado pulverizado.

**Gráfico 4:** Ensayo de CBR al 100% de su MDS para una penetración de 0.1” de las muestras de suelo y con la incorporación del concreto reciclado pulverizado.

Al ensayarlas a un CBR al 100% de su máxima densidad a la misma penetración las



muestras tienen valores de 10.4% (0%CRP) mientras que para las muestras con RCP se obtuvieron 17.6, 22.2, 34.6 y 28% en ese mismo orden. Por otra parte, el CBR a una carga de 0.1” para la muestra patrón (la muestra M-01) del tipo de suelo ML y de las dosificaciones con 10, 20, 30 y 40% de concreto reciclado pulverizado evaluada al 95% obteniéndose como resultados valores de 11.96% para la muestra natural y 20.34, 25.53, 39.79 y 32.89% respectivamente para los ejemplares con adiciones de concreto reciclado pulverizado.

- Cuarto objetivo: **comparar las propiedades mecánicas del suelo natural y el suelo con el porcentaje óptimo de concreto reciclado pulverizado.**

**Tabla XIII**

**Ensayo CBR al 95% y 100% de su Máxima densidad seca del suelo natural comparado con el suelo estabilizado con el óptimo % de CRP.**

<b>Muestra</b>	<b>Patrón CBR 95%</b>	<b>Óptimo 30% - CBR 95%</b>	<b>Incremento (%)</b>
<b>M-01 /CL</b>	8.01	23.8	15.79
<b>M-01/ CH</b>	7.70	22.61	14.91
<b>M-01/ MH</b>	6.885	20.2	13.315
<b>M-01 /ML</b>	9.32	27.37	18.05

**Tabla XIV**

<b>Muestra</b>	<b>Patrón CBR 100%</b>	<b>Óptimo 30% - CBR 100%</b>	<b>Incremento (%)</b>
<b>M-01 /CL</b>	10.4	34.6	24.2
<b>M-01/ CH</b>	9.88	32.87	27.82
<b>M-01/ MH</b>	8.84	29.41	22.99
<b>M-01 /ML</b>	11.96	39.79	27.83

Por último, el CBR a 95% para la muestra del suelo natural CL, CH, MH, ML comparado con el suelo ya estabilizado con el óptimo porcentaje del 30% de CRP, se observa un incremento considerable de 15.79, 14.91, 13.315 y 18.05 respectivamente. Asimismo, al realizar un comparativo en el ensayo de CBR a 100% también se mostró un acrecentar considerable de 24.2, 27.82, 22.99, 27.83.

### **3.2. Discusión**

#### **. Respecto al objetivo: Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en estudio**

Teniendo en cuenta los ensayos realizados se observó que para las calicatas 2, 3, 4, 5, 7, 8 y 9 son suelos arcillosos de baja plasticidad CL y para la calicata 1 es un suelo limoso de alta plasticidad MH, la calicata 6 se considera un suelo limoso de baja plasticidad ML y por último la calicata 10 se clasifica como un suelo arcilloso de alta plasticidad CH, por lo que según la clasificación AASHTO se considera un tipo de suelo malo; por ende, sus propiedades físicas no son las adecuadas. De otro modo, con respecto a sus propiedades mecánicas se evidenció que para el suelo natural CL se obtuvieron la máxima densidad seca y un contenido óptimo de humedad de 1.841 gr/cm<sup>3</sup> y 14.24%. Asimismo, del ensayo de compactación para el suelo natural CH se obtuvieron la MDS de 1.696 gr/cm<sup>3</sup> y 19.43 %. En contraste, [9] con respecto a las propiedades físico-mecánicas del suelo afirman las características de los suelos influyen en gran medida el comportamiento de las pavimentaciones; por tal motivo, consideran necesario buscar alternativas que permitan estabilizar este tipo de suelos, con el fin de cumplir con la resistencia del suelo y las propiedades de ingeniería necesarias para los diferentes proyectos.

#### **. Respecto al objetivo: Determinar las propiedades mecánicas del suelo en estudio incorporando el concreto reciclado pulverizado en peso del suelo en estudio 10%, 20%, 30% y 40%**

Acorde a los ensayos realizados para determinar la conducta mecánica de los suelos con la adición de la CRP se obtuvo que, los valores de los suelos considerados arcilla de baja plasticidad más CRP con 10, 20, 30 y 40% al 95% de la MDS y a 0.1pulg de penetración un CBR de 10, 14.6, 16.8 y 23.8% respectivamente. Al igual que, [17] encontró que el incorporar porcentajes 20% de Concreto reciclado permite al suelo presentar un mejor comportamiento; además que, la CRP no solo reduce la expansión y contracción del suelo si no también aumenta significativamente su resistencia.

**. Respecto al objetivo: Comparar las propiedades mecánicas del suelo natural y el suelo con el porcentaje óptimo de concreto reciclado pulverizado.**

Por último, una vez determinado los diferentes valores mecánicos que alcanza el suelo sin estabilizador y con la agregación de CRP, se demuestra que, para el suelo, arcilla de baja plasticidad tiene una mejor resistencia para la muestra con el 30% de CRP. Por otro parte, cuando los materiales fueron adicionados en los porcentajes ya mencionados mostraron un óptimo comportamiento; tal como lo demostró [20] en su investigación puesto que en resultados demostró que, la CRP mejora la resistencia a la compresión del suelo y al mismo tiempo, disminuye la relación de expansión y la capacidad de contracción; asimismo, a partir del límite de consistencia y la prueba de compactación modificada, se observó una reducción en el índice de plasticidad y el contenido de humedad óptima.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

Según la clasificación SUCS Y AASHTO para Las calicatas 2, 3, 4, 5, 7-9 se determinó como arcilla de baja plasticidad (CL) y para las calicatas 1 como limo de alta plasticidad (MH). Los valores de las propiedades mecánicas determinado para el suelo cohesivo arcilla de baja plasticidad al 95% de la MDS y a 2.54 milímetros se determinó un CBR de 2.0%, como también para el suelo limo alta plasticidad el CBR es de 2.0%

Los valores de la caracterización mecánica con la combinación, arcilla de baja plasticidad más CRP con 10, 20, 30 y 40%, puesto que al 95% de la (MDS) y a 2.54 milímetros de penetración se alcanza el CBR de 12.3, 17.5, 10.8 y 5.2% respectivamente, como también para la combinación suelo limo de alta plasticidad más CRP se determinó un CBR de 8.3, 11.0, 10.9, 9.4% respectivamente.

Los valores de la caracterización mecánica con la combinación, arcilla de baja plasticidad más CRP con 10, 20, 30 y 40%, puesto que al 95% de la (MDS) y a 2.54 milímetros de penetración alcanzó un CBR de 11.4, 15.3, 10.4 y 9.8%, como también para la combinación suelo limo de alta plasticidad más CRP se determinó un CBR de 8.6, 9.8, 11.5, 8.5% respectivamente.

De acuerdo con los valores alcanzados en los ensayos de laboratorio, se demuestra que para el suelo arcilla de baja plasticidad tiene una mejor resistencia para la muestra con el 30% de CRP y para el suelo limo de alta plasticidad tiene mejor comportamiento con el 30% de CRP.

## 4.2. Recomendaciones

Teniendo en consideración el desarrollo de los ensayos, se recomienda para determinar un adecuado aditivo estabilizante de residuos del sector construcción como es el CRP. Se debe establecer un correcto proceso de separación de los materiales residuales que están adheridos al concreto reciclado en bruto.

Se recomienda estabilizar suelos expansivos con CRP, para arcilla de baja plasticidad con 30% puesto que con este porcentaje de adición se alcanza el máximo CBR de 17.5% rango de subrasante buena y para suelo limoso de alta plasticidad se determinó un CBR de 11.0% valor de consideración subrasante buena.

Se recomienda estabilizar suelos cohesivos con CRP, para arcilla de baja plasticidad con 30% puesto que con tal porcentaje de adición alcanza el máximo CBR de 15.3% considerada subrasante buena y para suelo limoso de alta plasticidad se determinó un CBR de 11.5% clasificado como subrasante buena.

Se sugiere a futuros tesis que quieran realizar estudios de compactación con aditivos reciclados de construcción como CRP en suelos cohesivos, determinar cual tiene mejor desempeño en las propiedades mecánicas

## REFERENCIAS

### Referencias

- [1] R. K. Sharma, "Laboratory study on stabilization of clayey soil with cement kiln dust and fiber," *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 35, no. 5, pp. 2291-2302, 2017.
- [2] A. Gonzaga de Oliveira, A. Diniz Barros, L. C. d. F. Lopes Lucena, A. E. Lopes Lucena and J. Dantas Patricio, "Evaluation of calcined textile sludge as a stabilizing material for highway soil," *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 7, no. 5, pp. 688-699, 2020.
- [3] L. K. Sharma, N. N. Sirdesai, K. M. Sharma and T. N. Singh, "Experimental study to examine the independent roles of lime and cement on the stabilization of a mountain soil: A comparative study," *Applied Clay Science*, vol. 152, pp. 183-195, 2018.
- [4] M. Alireza, A. Arulrajah, M. M. Disfan and S. Darmawan, "Small -Strain Behavior of Cement-Stabilized Recycled Concrete Aggregate in Pavement Base Layers," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 31, no. 5, 2019.
- [5] C. Zhang, M. Hu, L. Dong, P. Xiang, Q. Zhanga, J. Wu and . S. Shi, "Co-benefits of urban concrete recycling on the mitigation of greenhouse gas emissions and land use change: A case in Chongqing metropolis, China," *Journal of Cleaner Production*, vol. 201, no. 10, pp. 481-498, 2018.
- [6] C. Zhang, M. Hu, L. Dong, A. Gebremariam, B. Mirand-Xicotencatl, F. Di Maio and A. Tukker, "Eco-efficiency assessment of technological innovations in high-grade concrete recycling," *Resources, Conservation & Recycling*, vol. 149, pp. 649-663, 2019.
- [7] D. S. Vijayan and D. Parthiban, "Effect of Solid waste based stabilizing

- material for strengthening of Expansive soil- A review," *Environmental Technology & Innovation*, vol. 20, p. 101108, 2020.
- [8] Z. Fusheng , Z. Fanghua, K. Bo, X. Long , D. Yongfeng , Y. Chengbin and C. Chengfu, "Experimental Investigation of Cement/Soda Residue for Solidification/Stabilization of Cr-Contaminated Soils," *Advances in Civil Engineering*, vol. 2020, pp. 1-13, 2020.
- [9] Z. Xuanrui , L. Wengui , T. Zhuo , W. Xiaofeng and S. Daichao , "Sustainable regenerated binding materials (RBM) utilizing industrial solid wastes for soil and aggregate stabilization," *solid wastes for soil and aggregate stabilization*, vol. 275, p. 122997, 2020.
- [10] R. Tuladhar, A. Marshall and N. Sivakugan, "Use of recycled concrete aggregate for pavement construction," *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling*, pp. 181-197, 2020.
- [11] A. Arulrajah, M. M. Disfani, . H. Haghghi and . A. Mohammadinia, "Modulus of rupture evaluation of cement stabilized recycled Modulus of rupture evaluation of cement stabilized recycled," *Construction and Building Materials*, vol. 84, pp. 146-155, 2015.
- [12] C. Camargo Najar, "Evaluación del uso de pavimentos rígidos demolidos como agregados reciclados en la elaboración de mezclas de concreto en la región Puno-2011," *Revista Científica Investigación Andina*, vol. 18, no. 1, 2018.
- [13] E. Parillo Sosa and C. G. Camargo Nájjar, "Reutilización de residuos sólidos en la producción de pavimentos rígidos de bajo costo en el distrito de Juliaca, Puno," *Revista Científica Investigación Andina*, vol. 15, no. 1, 2015.
- [14] R. Montejó Rodolfo, J. E. Raymundo Juárez and J. S. Chávez Ancajima, "Materiales alternativos para estabilizar suelos: el uso de ceniza de cáscara de arroz envías de bajo tránsito de Piura," *Revista Científica Institucional*

*TZHOECOEN*, vol. 12, no. 1, pp. 131-140, 2020.

- [15] O. Coronado Zuloeta, "Estabilización de suelos granulares no cohesivos aplicando bacterias calcificante," *Revista de Investigación y Cultura -Universidad César Vallejo*, vol. 9, no. 2, pp. 37-43, 2020.
- [16] G. Bılgen, "Geri Dönüştürülmüş Beton Agregasının Düşük Plastisiteli Bir Kilin Mekanik Özelliklerine Etkisi," *Journal of the Institute of Science & Technology*, vol. 10, pp. 1714-1719, 2020.
- [17] K. Marzieh, P. Tabatabaie Shourijeh, S. Mohammad Binesh, A. Mohammadinia and A. Arulrajah, "Utilization of recycled concrete aggregates for light-stabilization of clay soils," *Construction and Building Materials*, vol. 227, p. 116792, 2019.
- [18] J. James and K. Pandian, "Industrial Wastes as Auxiliary Additives to Cement/Lime Stabilization of Soils," *Hindawi Publishing Corporation*, vol. 2016, pp. 1-17, 2016.
- [19] T. Masoumeh, H. Mustaque Shabbir and T. K. Stacey E., "Subgrade Soil Stabilization Using Low-Quality Recycled Concrete Aggregate," *American Society of Civil Engineers (ASCE)*, vol. 2019, pp. 235-244, 2019.
- [20] A. Arulrajah, A. Mohammadinia, I. Phummiphan, S. Horpibulsuk and W. Samingthong, "Stabilization of Recycled Demolition Aggregates by Geopolymers comprising Calcium Carbide Residue, Fly Ash and Slag precursors," *Construction and Building Materials*, vol. 114, pp. 864-873, 2016.
- [21] A. Meek, C. Beckett and M. Elchalakani, "Alternative stabilised rammed earth materials incorporating recycled waste and industrial by-products: Durability with and without water repellent," *Construction and Building Materials*, vol. 265, p. 120629, 2020.
- [22] D. Nesterenko Cortes, "Desempeño de suelos estabilizados con

polimeros en Perú," *PIRHUA*, pp. 15-26, 2017.

- [23] E. Driss, K. Harichane, M. Ghrici, S. Sert y E. Bol, «Effect of Natural Pozzolana on the Unconsolidated Undrained Shear Strength of a Lime-Stabilized Clay Soil,» *International Journal of Civil Engineering*, vol. 21, nº 6, pp. 1007 - 1026, 2023.
- [24] C. Ashima , K. Athulya, S. Chandrakaran y N. Sankar , «Utilisation of Nano Titanium Dioxide as a Soil Stabiliser,» *Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 284, pp. 1007 - 1015, 2023.
- [25] Y. Del Río, «Optimización de la estabilización de suelos arcillosos en el sector Curva del Sun – Campiña de Moche, con concreto reciclado para pavimentación, provincia de Trujillo, La Libertad– 2017,» Nuevo Chimbote-Perú, 2017.
- [26] O. Coronado Zuloeta, "Estabilización de suelos granulares no cohesivos de Lambayeque aplicando bacterias calcificantes," Lambayeque, 2019.
- [27] «Evaluación de las propiedades mecánicas del suelo para cimentaciones superficiales incorporando material reciclado de demolición, Lambayeque 2020,» Chiclayo-Perú, 2022.
- [28] C. Crespo Villalaz , *Mecánica de suelos y cimentaciones*, 5 ed., México, 2004.
- [29] A. F. Zidan, "Strength and Consolidation Characteristics for Cement Stabilized Cohesive Soil Considering Consistency Index," *Zidan*, vol. 38, pp. 5341-5353, 2020.
- [30] J. Hernandez, D. Mejía y C. Zelaya, «propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de el salvador,» San Miguel - El Salvador, 2016.

- [31] L. González , Ingeniería Geológica, Madrid - España: Editorial Pearson Educación, 2022.
- [32] H. W. Rizalaso Huaicani, "Determinación del contenido de humedad óptima y densidad máxima seca mediante regresiones para sub bases con altitudes mayores a 3000 M.S.N.M. en la provincia de Puno," 2019.
- [33] D. Brajas, Fundamentos de ingeniería geotécnica, 4ta ed., México: Cengage Learning, 2015.
- [34] C. Gómez de Santos, "Comportamiento geotécnico de suelos arcillosos compactados, respuesta a cargas estáticas y dinámicas," Madrid, 2019.
- [35] E. Juárez Badillo and A. Rico Rodríguez, Mecánica de suelos, vol. 1, México, 2005, p. 163.
- [36] D. Braja, Fundamentos de, Cuarta ed., México, 2013, p. 87.
- [37] H. W. Fernández Gálvez, "Efecto del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca," Cajamarca, 2017.
- [38] J. J. Sanz Llamo, Mecánica de suelos, Primera ed., Barcelona, 1975, p. 41.
- [39] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos, Lima, 2014, p. 34.
- [40] C. G. d. Santos, «Comportamiento geotécnico de suelos arcillosos compactados: respuesta a cargas estáticas y dinámicas,» Madrid, 2018.
- [41] R. Á. Mamani Mamani, "Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos con adición de residuos de la construcción y demoliciones para la construcción de la base de pavimentos de la ciudad de Juliaca," Juliaca , 2019.
- [42] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Manual de carreteras:

- Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos,» Lima - Perú, 2014.
- [43] J. Amorós Delgado, M. Centurión Vargas and M. Hoyos Saucedo, "Uso de material reciclado en la fabricación de concreto," *Caxamarca*, vol. 16, no. 2, pp. 37-43, 2017.
- [44] E. Martínez, "Estabilización de suelos cohesivos con aditivo organosilanos a nivel de subrasante," Huancayo - Perú, 2019.
- [45] A. Montejo, Ingeniería de pavimentos para carretera, 2da ed., Bogota, 2002.
- [46] E. 050, «Suelos y Cimentaciones RM N° 406-2018-Vivienda,» *El peruano*, 3 diciembre 2018.
- [47] J. B. Tello Tantaleán, "Estudio de la eficiencia del aditivo sika® cem plastificante en el diseño de mezclas de concreto de alta resistencia utilizando concreto reciclado en Chiclayo – 2017.," Chiclayo, 2019.
- [48] L. Zeng, L. Chen, L. Li and F. Liu, "Study of compressive behaviour of FRP-recycled aggregate concrete–steel stub columns," *Magazine of Concrete Research*, vol. 71, pp. 794-808, 2019.
- [49] Decreto Supremo N°003-2013-Vivienda, «Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición,» *El Peruano*, 8 febrero 2013.
- [50] NTP 400.050, «MANEJO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN. Manejo de residuos de la actividad de la construcción y demolición. Generalidades. 2ª Edición,» 2017.
- [51] M. Borja Suarez, Metodología de la investigación científica para ingenieros, Chiclayo, 2012, p. 11.
- [52] J. Tam Málaga, G. Vera and R. Oliveros Ramos, Tipos, Métodos y estrategias de investigación científica, 2008, p. 149.

- [53] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado and P. Baptista Lucio, Metodología de la investigación, 5ta ed., Mexico, 2010, p. 93.
- [54] S. Carrasco Díaz, Metodología de la investigación científica, 1era ed., Lima: San Marcos, 2005, p. 119.
- [55] H. Ñaupas Paitán, E. Mejía Mejía, E. Novoa Ramírez and A. Villagómez Paucar, Metodología de la investigación- Cuantitativa- Cualitativa y Redacción de la Tesis, 4ta ed., Bogotá, 2014, p. 165.
- [56] D. Orellana López and C. Sánchez Gómez, "Técnicas de recolección de datos en entornos virtuales más usadas en la investigación cualitativa," *Revista de Investigación Educativa*, vol. 24, no. 1, pp. 205-222, 2006.
- [57] J. L. Arias Gonzales, Métodos de investigación online Herramientas digitales para recolectar, Primera ed., Arequipa, 2020, p. 25.
- [58] M. C. Useche, W. Artigas, B. Queipo and É. Perozo, Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos, Primera ed., Colombia: Editorial Gente Nueva, 2019, p. 30.
- [59] L. Piscoya Hermoza, Investigación Científica y educacional un enfoque epistemológico, Primera ed., Lima: Amauro, 1987.
- [60] E. M. Mejía, Técnicas e instrumentos de investigación, Primera edición ed., Lima, 2005, p. 27.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Certificado de acreditación de laboratorio.....	76
Anexo 2. Informes de laboratorio según ensayos realizados de suelos.....	77
Anexo 3. Certificados de calibración de equipos de laboratorio.....	98
Anexo 4. Análisis estadístico.....	100
Anexo 5. Validación y confiabilidad por 5 jueces expertos.....	102
Anexo 9. Panel fotográfico.....	110

## Anexo 1. Certificado de acreditación de laboratorio

### CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 23 de febrero de 2023

Quien suscribe:

Sr. Secundino Burga Fernández

Representante Legal – Empresa SERVICIO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado USO DE CONCRETO RECICLADO PULVERIZADO Y SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS

Por el presente, el que suscribe, Ing. Secundino Burga Fernández representante legal de la empresa SERVICIO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC, AUTORIZO al estudiante(s) Yalili Alina Fernández Llanos identificado con DNI N°76342608, estudiante del Programa de Estudios de Ingeniería Civil y autor del trabajo de investigación denominado USO DE CONCRETO RECICLADO PULVERIZADO Y SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.

SERVICIO DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C  
*Ing. Secundino Burga Fernández*  
GERENTE GENERAL

Secundino Burga Fernández

16449323

Gerente General

Anexo 2. Informes de laboratorio según ensayos realizados de suelos.

**SEMP**  
ASFALTOS

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

# ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION

**PROYECTO:**  
"Uso de concreto reciclado pulverizado y su influencia en la estabilización de suelos cohesivos en el camino vecinal Chosica del Norte – Chacupe - Chiclayo".



**ENERO 2022**

**Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)**

**Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos**

**948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250**

**E-mail: servicios\_lab@hotmail.com**

Figura 01: Mapa político del Perú



Figura 02: Mapa del departamento de Lambayeque



Figura 03: Mapa del Provincial de Chiclayo



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

Figura 04: Imagen satelital del área de estudio



Fuente: Programa Google Earth / Información recabada de campo  
Elaboración: Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C.

#### 2.4. CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA

El clima aquí es "desierto". Virtualmente no hay precipitaciones durante el año. De acuerdo con Köppen y Geiger clima se clasifica como BWh. La temperatura media anual es 21.3 °C en José Leonardo Ortiz. En un año, la precipitación es 208 mm.

El mes más seco es julio, con 0 mm de lluvia. La mayor cantidad de precipitación ocurre en marzo, con un promedio de 80 mm.

Febrero es el mes más cálido del año. La temperatura en febrero promedios 25.3 °C. Las temperaturas medias más bajas del año se producen en agosto, cuando está alrededor de 18.5 °C.



## 2.6. TRABAJOS EN CAMPO

Correspondió a la etapa de prospección in-situ, donde se tomaron muestras de doce (12) calicatas de diferentes profundidades, que permitieron caracterizar al suelo de fundación, tomándose muestras de las capas de suelo encontrado.

### 2.6.1. CALICATAS O POZOS DE EXPLORACIÓN

Se programó la ejecución de doce (12) calicatas o pozos de exploración "a cielo abierto", ubicadas convenientemente y con profundidades suficientes variables. La ubicación de las calicatas se presenta a continuación:

Tabla 02: Descripción de las calicatas realizadas

Calicatas	Profundidad (m)	Nivel freático (m)	N.º Muestras	Coordenadas	
				UTM WGS84-17S	
				Este	Norte
C-01	1.50	No presenta	01	0625315	9246225
C-02	1.50	No presenta	02	0625891	9246031
C-03	1.50	No presenta	01	0626070	9245962
C-04	1.50	No presenta	02	0626183	9245927
C-05	1.50	No presenta	02	0626631	9245777
C-06	1.50	No presenta	01	0626891	9245688
C-07	1.50	No presenta	02	0627156	9245590
C-08	1.50	No presenta	02	0627813	9245370
C-09	1.50	No presenta	01	0628004	9245300
C-10	1.50	No presenta	02	0628184	9245240
C-11	1.50	No presenta	01	0628593	9245096
C-12	1.50	No presenta	01	0629105	9244927

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C.

Tabla 03: Descripción de la clasificación de suelo

N° Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Análisis granulométrico			Clasificación	
			Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	SUCS	AASHTO
01	-	0.00-0.20	Material de Afirmado				
	M-01	0.20-1.50	0.1	6.1	93.8	MH	A-7-6(17)
02	M-01	0.00-1.00	0.1	26.6	73.3	CL	A-6(10)
	M-02	1.00-1.50	0.2	45.6	54.2	CL	A-6(4)
03	-	0.00-0.40	Material Contaminado				
	M-01	0.40-1.50	0.2	45.6	54.2	CL	A-6(5)
04	-	0.00-0.40	Material Contaminado				
	M-01	0.40-0.90	1.0	34.0	65.0	CL	A-4(7)
	M-02	0.90-1.50	0.2	43.3	56.5	CL	A-6(6)
05	-	0.00-0.20	Material Contaminado				
	M-01	0.20-0.80	0.1	45.3	54.6	CL	A-4(4)
	M-02	0.80-1.50	0.6	44.1	55.3	CL - ML	A-4(5)
06	-	0.00-0.50	Material Contaminado				
	M-01	0.50-1.50	0.8	46.3	52.9	ML	A-4(4)
07	-	0.00-0.20	Material Contaminado				
	M-01	0.20-0.90	0.3	7.3	92.4	CH	A-7-6(15)
	M-02	0.90-1.50	1.9	12.2	85.8	CL	A-7-6(12)
08	-	0.00-0.30	Material Contaminado				
	M-01	0.30-0.80	0.1	30.0	69.9	CL	A-6(8)
	M-02	0.80-1.50	0.4	33.8	65.9	CL	A-6(7)
09	-	0.00-0.40	Material Contaminado				
	M-01	0.40-1.50	0.4	34.5	65.1	CL	A-6(7)
10	M-01	0.00-0.90	1.1	23.8	75.1	CH	A-7-5(19)
	M-02	0.90-1.50	1.2	13.9	84.9	CL	A-7-6(12)
11	-	0.00-0.40	Material Contaminado				
	M-01	0.40-1.50	1.4	15.0	83.5	CL	A-7-6(12)
12	M-01	0.00-1.50	1.1	18.6	80.4	CL	A-6(10)

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C.

## 2.12. VALOR CBR DE LA SUBRASANTE

El CBR (California Bearing Ratio), describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos (evaluar la resistencia potencial de subrasante) denominado valor de la relación de soporte. El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

Una vez que se haya clasificado los suelos y elaborado un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo de estudio, a partir del cual se determinara el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la Máxima Densidad Seca y a una penetración de 2.54mm. para cada sector de características homogéneas, se clasificara para que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

Tabla 05: Categorías de la subrasante

Categoría de Subrasante	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR $\Rightarrow$ 3% a CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR $\Rightarrow$ 6% a CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR $\Rightarrow$ 10% a CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR $\Rightarrow$ 20% a CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	De CBR $\Rightarrow$ 30%

Fuente: Cuadro 4.10 Categorías de Subrasante del Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos  
Elaboración: Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C.

El material existente en el área asignada de estudio se muestra a continuación en el siguiente cuadro de acuerdo con su categoría de subrasante:

Tabla 06: Resultados de la subrasante

Calicatas	Promedio CBR	Categoría de Subrasante
	95%	
01	3.81	Pobre
02	4.95	Pobre
03	5.67	Pobre
04	6.11	Regular
05	5.92	Pobre
06	5.66	Pobre
07	3.18	Pobre
08	5.75	Pobre
09	5.62	Pobre
10	3.19	Pobre
11	4.31	Pobre
12	5.48	Pobre

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C.

### 2.13. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATIO. (ANEXO 2)

### 2.14. ANALISIS ADICIONALES

#### 2.14.1. ANÁLISIS QUÍMICO DE SALES

El suelo bajo el cual se cimienta toda estructura tiene un efecto agresivo a la cimentación. Este efecto está en función de la presencia de elementos químicos que actúan sobre el concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos y hasta destructivos sobre las estructuras (sulfatos, Cloruros, Sales Solubles Totales principalmente). Sin embargo, la acción química del suelo sobre el concreto sólo ocurre a través del agua subterráneas que reacciona con el concreto; de ese modo el deterioro del concreto ocurre bajo el nivel freático, zona de ascensión capilar o presencia de agua infiltrado por otra razón (ronura

de tuberías, lluvias extraordinarias, inundaciones, etc.). Los principales elementos químicos para evaluar son los sulfatos por su acción química sobre el concreto del cimiento respectivamente (ver anexo III. Resultados de ensayos de Laboratorio). De los resultados de los análisis químicos obtenidos a partir de una muestra representativa del estrato que estará apoyado a la cimentación se tiene.

Tabla 07: Resumen de ensayos químicos

Sustancia	Contenido p.p.m.	Contenido %	Observación
Contenido de Cloruros	988	0.0988	Insignificante
Contenido de Sulfatos	654	0.0654	Moderado
Ensayo de Sales Solubles Totales	6500	0.35	Moderado

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C.

El concreto que va a estar expuesto a soluciones debe cumplir con los requisitos según R.N.E., E - 060, Concreto Armado.

Tabla 08: requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	f <sub>c</sub> mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero
Insignificante	$0,0 \leq SO_4 < 0,1$	$0 < SO_4 < 150$	—	—	—
Moderada**	$0,1 \leq SO_4 < 0,2$	$150 \leq SO_4 < 1500$	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	$0,2 \leq SO_4 < 2,0$	$1500 \leq SO_4 < 10000$	V	0,45	31
Muy severa	$2,0 \leq SO_4$	$1500 \leq SO_4 \leq 10000$	Tipo V, más puzolana***	0,45	31

Fuente: E 060 Concreto Armado (Tabla N°08) – Reglamento Nacional de Edificaciones

Elaboración: Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C.

Para la protección contra la corrosión del refuerzo de acero en el concreto, las concentraciones máximas de iones de cloruro solubles en agua en el concreto endurecido a edades que van de 28 a 42 días, provenientes de los ingredientes (inchuyendo agua agregados, materiales cementantes y aditivos) no deben exceder los límites según E - 060, Concreto Armado, de la Tabla 4.5.

Tabla 09: contenido máximo de Iones Cloruros para protección contra la corrosión

Tipo de elemento	Contenido máximo de iones de cloruro solubles en agua en el concreto (porcentaje en peso del cemento)
Concreto preesforzado	0,06
Concreto armado que en servicio estará expuesto a cloruros	0,15
Concreto armado que en servicio estará seco o protegido contra la humedad	1,00
Otras construcciones de concreto armado	0,30

Fuente: E 060 Concreto Armado (Tabla N°08) – Reglamento Nacional de Edificaciones

Elaboración: Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C.

Tabla 10: Requisitos para concreto expuestos a soluciones de sulfatos

Presencia en el suelo en:	p.p.m	Grado de Alteración	Observaciones
Sulfatos	0-150	Insignificante	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
	150-1500	Moderado	
	1500-10000	Severo	
	>10000	Muy Severo	
Cloruros	>6000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos
Sales Solubles	>15000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia por fenómeno de lixiviación

Fuente: E 060 Concreto Armado (Tabla N°08) – Reglamento Nacional de Edificaciones

Elaboración: Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C.

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 5/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASESORES  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## CUADRO RESUMEN

"Uso de Concreto Reciclado Pulverizado y su Influencia en la Estabilización de Suelos Cohesivos en el camino Vecinal Chosica del Norte -Chacupe del Distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque".

N° Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Humedad natural (%)	Análisis granulométrico			Clasificación		Límites			Sales (%)	Cloruros (%)	Sulfatos (%)	Proctor		CBR	
				Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	SUCS	AASHTO	LL	LP	LP				Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima (%)	95%	100%
01	-	0.00-0.20	Material Contaminado															
	M-01	0.20-1.50	20.0	0.1	6.1	93.8	MH	A-7-6(17)	54.2	29.7	24.5	0.32	0.0839	0.0557	1.717	18.33	3.81	4.9
02	M-01	0.00-1.00	20.0	0.1	26.6	73.3	CL	A-6(10)	35.7	19.8	15.9	0.35	0.0982	0.0652	1.789	15.96	4.95	6.6
	M-02	1.00-1.50	19.0	0.2	45.6	54.2	CL	A-6(4)	27.2	16.9	10.3	0.28	0.0639	0.0436	-	-	-	-
03	-	0.00-0.40	Material Contaminado															
	M-01	0.40-1.50	19.4	0.2	45.6	54.2	CL	A-6(5)	27.0	15.4	11.6	0.34	0.0942	0.0625	1.829	15.39	5.67	7.5
04	-	0.00-0.40	Material Contaminado															
	M-01	0.40-0.90	12.3	1.0	34.0	65.0	CL	A-4(7)	27.6	19.2	8.4	0.34	0.0933	0.0617	1.841	14.24	6.11	8.2
	M-02	0.90-1.50	23.2	0.2	43.3	56.5	CL	A-6(6)	37.1	23.0	14.1	0.30	0.0755	0.0501	-	-	-	-
05	-	0.00-0.20	Material Contaminado															
	M-01	0.20-0.80	21.5	0.1	45.3	54.6	CL	A-4(4)	27.0	19.6	7.4	0.35	0.0983	0.0652	1.830	14.47	5.92	7.8
	M-02	0.80-1.50	25.8	0.6	44.1	55.3	CL - ML	A-4(5)	25.6	19.1	6.5	0.29	0.0713	0.0472	-	-	-	-
06	-	0.00-0.50	Material Contaminado															
	M-01	0.50-1.50	23.6	0.8	46.3	52.9	ML	A-4(4)	24.8	20.8	4.0	0.35	0.0977	0.0649	1.858	13.36	5.66	8.8
07	-	0.00-0.20	Material Contaminado															
	M-01	0.20-0.90	25.0	0.3	7.3	92.4	CH	A-7-6(15)	50.1	27.8	22.3	0.33	0.0892	0.0593	1.744	17.07	3.18	5.2
	M-02	0.90-1.50	24.2	1.9	12.2	85.8	CL	A-7-6(12)	44.6	25.6	19.0	0.29	0.0726	0.0479	-	-	-	-
08	-	0.00-0.30	Material Contaminado															
	M-01	0.30-0.80	14.2	0.1	30.0	69.9	CL	A-6(8)	33.7	21.6	12.1	0.34	0.0943	0.0627	1.806	15.33	5.75	7.4
	M-02	0.80-1.50	18.3	0.4	33.8	65.9	CL	A-6(7)	32.3	21.2	11.1	0.31	0.0863	0.0573	-	-	-	-
09	-	0.00-0.40	Material Contaminado															
	M-01	0.40-1.50	17.6	0.4	34.5	65.1	CL	A-6(7)	32.0	21.7	10.3	0.34	0.0940	0.0624	1.817	15.18	5.62	8.2
10	M-01	0.00-0.90	15.3	1.1	23.8	75.1	CH	A-7-5(19)	58.1	30.1	28.0	0.35	0.0988	0.0654	1.696	19.43	3.19	4.9
	M-02	0.90-1.50	22.3	1.2	13.9	84.9	CL	A-7-6(12)	44.8	25.3	19.5	0.29	0.0712	0.0473	-	-	-	-
11	-	0.00-0.40	Material Contaminado															
	M-01	0.40-1.50	21.2	1.4	15.0	83.5	CL	A-7-6(12)	44.3	25.7	18.6	0.33	0.0899	0.0594	1.778	15.92	4.31	5.8
12	M-01	0.00-1.50	13.3	1.1	18.6	80.4	CL	A-6(10)	37.2	22.9	14.3	0.34	0.0943	0.0625	1.791	15.41	5.48	7.4

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Ax. Vicente Raso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - SVP Añaites  
 D48 852 677 - 954 331 476 - 998 938 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO	1	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	FECHA DE ENSAYO : 23/01/2023
REFERENCIA NORMATIVA	1	NTP 330.145	RESP. I.A.R. : S.U.P.
TIPO DE PRODUCTO	1	Suelos	TEC. I.A.R. : I.U.R.
CÓDIGO ÚNICO	1	3AC	
DESCRIPCION	1	Tarzo	
MUESTRA	1	M-01	

### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica						
Nº de molde	07		08		11	
Nº capa	5		5		5	
Calajes por capa Nº	36		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	12700	12750	15629	11704	10800	10912
Peso de molde	8134	8130	7309	7189	6246	6136
Peso de suelo húmedo	4566	4620	8320	4515	4554	4776
Volumen del molde	3314	3316	3123	3123	3104	3106
Densidad húmeda	2.130	2.179	2.668	2.133	1.467	1.536
% de humedad	16.40	18.42	14.77	18.76	18.24	21.30
Densidad seca	1.807	1.836	2.371	1.767	1.206	1.297
Control de humedad						
Nº de tarso	-		-		-	
Tarso + suelo húmedo	513.0	513.0	482.3	482.3	481.1	481.1
Tarso + suelo seco	481.0	475.6	480.3	391.3	434.0	439.0
Peso de agua	32.0	37.4	42.0	91.0	47.1	42.1
Peso de tarso	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0
Peso del suelo seco	317.0	311.6	296.3	247.3	290.0	275.0
% de humedad	16.40	18.42	14.77	36.70	16.24	21.30

### Expansión

Fecha	Hora	Tiempo (h)	Españita			Frajada			Españita		
			Dtal	mm	%	Dtal	mm	%	Dtal	mm	%
24/01/22	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24/01/22	14:30	21	43.8	1.09	0.9	38.6	1.49	1.3	98.2	2.49	2.1
25/01/22	14:30	42	57.1	1.45	1.3	46.3	2.02	1.9	100.0	2.81	2.4
26/01/22	14:30	63	79.2	2.00	1.7	99.8	2.53	2.3	125.6	3.19	2.8
27/01/22	14:30	84	99.3	2.52	2.3	115.4	3.88	3.5	145.5	3.79	3.3

### Intensividad

Presión (kg)	Carga (kg/cm²)	Módulo 10'			Módulo 15'			Módulo 20'			Módulo 25'		
		Dtal (dbr)	kg/cm²	%	Dtal (dbr)	kg/cm²	%	Dtal (dbr)	kg/cm²	%	Dtal (dbr)	kg/cm²	%
0.000	0	0	0		0	0		0	0		0	0	
0.031	20.0	1			17.8	1		12.0	1		11.8	1	
0.062	40.0	2			34.0	2		23.8	2		23.6	2	
0.093	60.0	4			51.0	4		36.2	4		36.2	4	
0.124	70.0	112.4	4	0.7	61	74.8	4	4.4	4.0	52.0	0	3.6	3.1
0.155		154.0	7		82.4	8		71.4	6				
0.186	167.8	9			104.0	9		82.9	7				
0.217	189.3	210.0	11	11.6	124	155.9	8	6.4	6.0	120.0	6	7.8	6.7
0.248		262.8	18		212.2	11		170.8	9				
0.279		305.0	27		261.1	11		180.8	10				
0.310													

Observaciones del ensayo:

**INFORME DE ENSAYO**

METODO DE ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 330.147

FECHA DE ENSAYO : 23/01/2022

TIPO DE PRODUCTO : Suelo

RESP. LAB. : S.S.T.

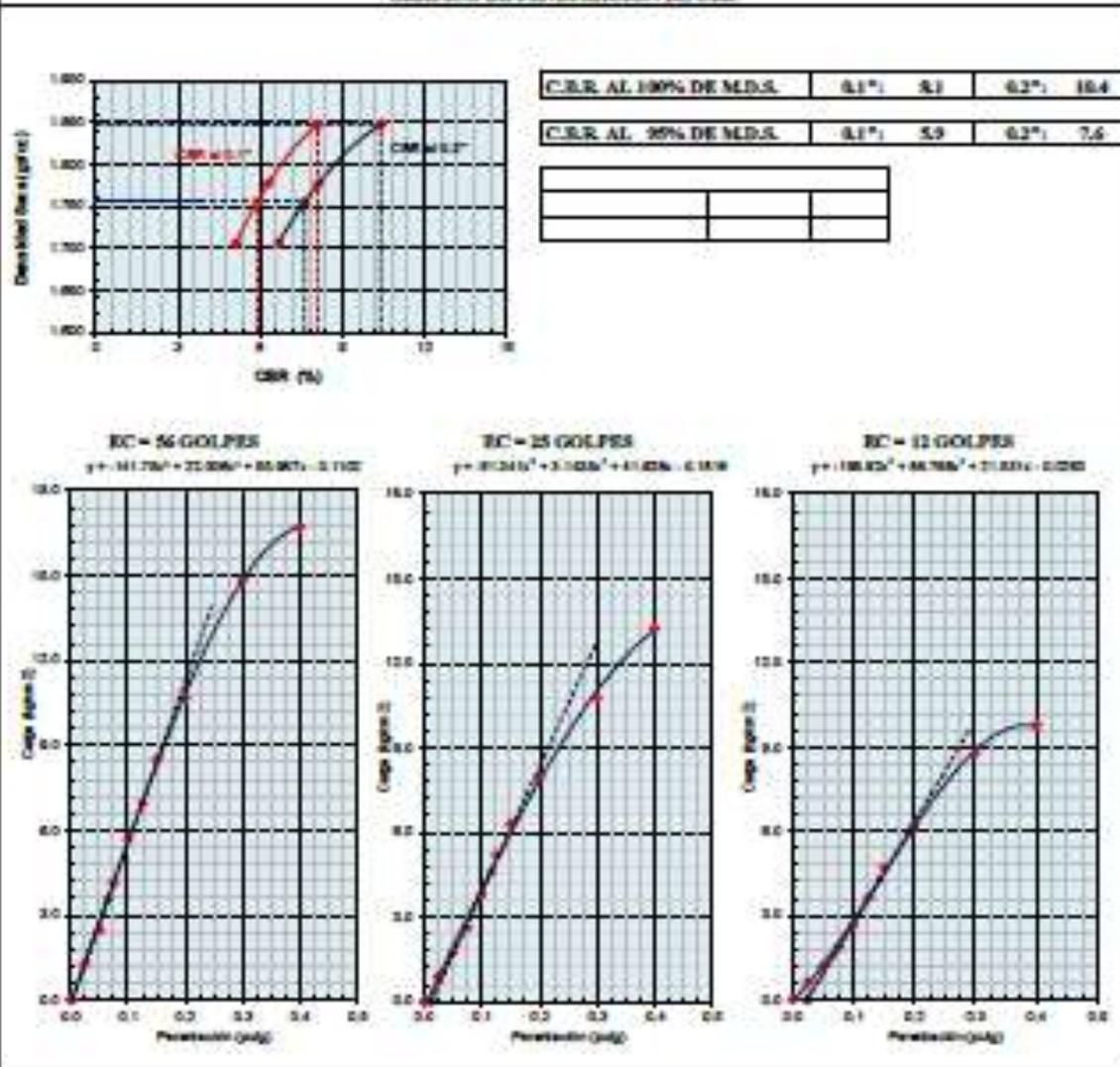
CÓDIGO ÚNICO : 1/C

TEC. LAB. : H.D.R.

DESCRIPCION : Pasta

MUESTRA : M-01

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



Observaciones del ensayo:

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Az. Vicente Ruzo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Analítica

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 339.143

FECHA DE ENSAYO : 23/01/2022

TIPO DE PRODUCTO : Suelos

RESP. LAB. : J.B.F.

CÓDIGO UNICO : S/C

TEC. LAB. : J.L.R.

DESCRIPCION : Parte = 10%

MUESTRA : M-01

### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica						
Nº de molde	49		4		50	
Nº capa	2		5		3	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	13528	13598	13128	12263	11786	11976
Peso de molde	7986	7986	7844	7844	7617	7617
Peso de suelo húmedo	4542	4612	4284	4419	4169	4359
Volumen del molde	2127	2127	2086	2086	2112	2112
Densidad húmeda	2.135	2.168	2.054	2.118	1.974	2.064
% de humedad	17.14	19.60	17.20	21.53	17.32	23.53
Densidad seca	1.823	1.813	1.753	1.742	1.683	1.671
Contenido de humedad						
Nº de tarro	-		-		-	
Tarro + suelo húmedo	590.0	550.0	463.9	460.9	560.0	560.0
Tarro + suelo seco	490.0	482.8	413.8	404.0	498.0	480.0
Peso de agua	60.0	67.2	47.1	56.9	62.0	80.0
Peso de tarro	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0
Peso del suelo seco	350.0	342.8	275.8	264.0	358.0	340.0
% de humedad	17.14	19.60	17.20	21.53	17.32	23.53

### Expansión

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
23/01/22	14:00	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24/01/22	14:00	23	14.5	0.37	0.3	34.9	0.89	0.8	48.2	1.22	1.1
25/01/22	14:00	42	24.5	0.62	0.5	51.4	1.31	1.1	62.6	1.59	1.4
26/01/22	14:00	63	37.5	0.95	0.8	62.1	1.58	1.4	91.5	2.32	2.0
27/01/22	14:00	85	54.2	1.38	1.2	82.5	2.10	1.8	103.6	2.63	2.3

### Presistencia

Presistencia	Carga	Molde Nº 49			Molde Nº 4			Molde Nº 50				
		Stand.	Carga	Comesión	Carga	Comesión	Carga	Comesión				
	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.00		0	0			0	0		0	0		
0.231		24.8	1			16.1	1		6.5	6		
0.462		34.8	3			36.8	3		23.0	1		
0.711		103.5	3			80.8	3		34.8	2		
0.938	75.4	162.8	8	12.4	17.4	82.8	8	7.9	11.9	21.5	9	9.8
0.121		218.1	11			158.8	7		78.9	4		
0.138		261.8	14			187.3	9		115.5	6		
0.208	305.4	388.8	20	24.0	22.8	248.8	12	10.4	14.8	102.0	8	95.9
0.288		581.1	28			402.9	18		288.9	13		
0.402		751.0	38			487.8	24		312.0	18		
0.538												

Observaciones del ensayo:

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruzo Lote 1, 5/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20467357465

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS  
 948 852 622 - 954 131 476 - 908 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 139-145

FECHA DE ENSAYO : 23/01/2022

TIPO DE PRODUCTO : Suelos

RESP. LAB. : S.D.F.

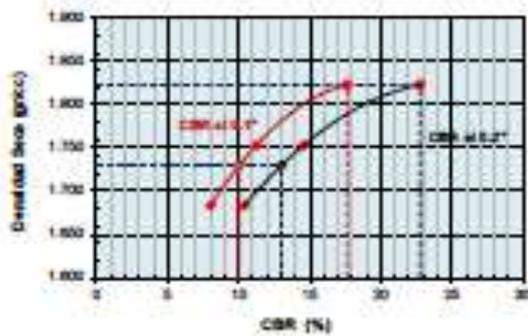
CÓDIGO ÚNICO : S/C

TEC. LAB. : H.D.R.

DESCRIPCION : Pavta + 10%

MUESTRA : M-01

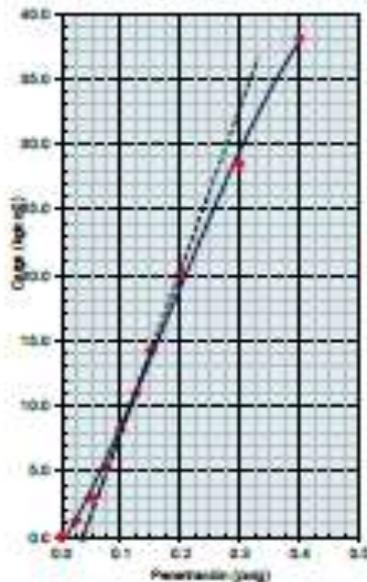
### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1":	17.6	0.2":	22.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1":	10.0	0.2":	13.0

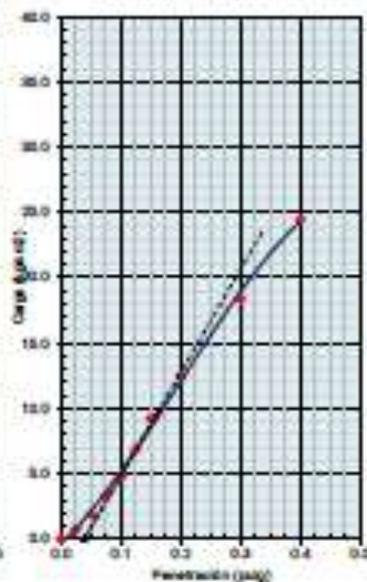

EC = 56 GOLPES

$$y = -204.85x^2 + 170.18x + 35.801x - 0.8491$$



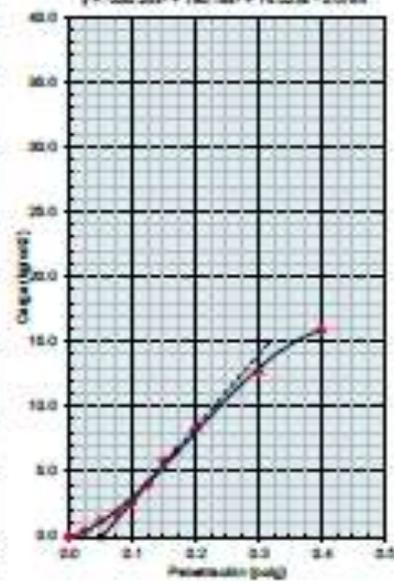
EC = 25 GOLPES

$$y = -244.27x^2 + 143.87x + 43.28x - 0.2813$$



EC = 12 GOLPES

$$y = -208.25x^2 + 140.18x + 14.023x - 0.0794$$



Elaboración del informe:

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vizcarra Ruzo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfalto

948 852 622 - 054 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 339.145

FECHA DE ENSAYO : 23/01/2022

TIPO DE PRODUCTO : Suelos

RESP. LAB : S.D.F.

CÓDIGO ÚNICO : 5/C

TEC. LAB : H.D.R.

DESCRIPCION : Patría + 20%

MOUESTRA : M-01

DATOS DE ENSAYO						
<b>Densidad volumétrica</b>						
Nº de coque	44		32		43	
Nº capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	36		27		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso coque + molde húmedo	12305	12385	11862	11992	11688	11886
Peso de coque	7861	7861	7532	7532	7532	7532
Peso de suelo húmedo	4474	4524	4330	4460	4156	4354
Volumen del coque	2099	2099	2113	2113	2113	2113
Densidad húmeda	2.131	2.155	2.049	2.111	1.967	2.061
% de humedad	18.13	20.34	18.30	22.51	18.23	24.36
Densidad seca	1.804	1.791	1.734	1.723	1.664	1.637
<b>Contenido de humedad</b>						
Nº de tarro	-		-		-	
Tarro + suelo húmedo	531.0	531.0	398.5	398.5	470.8	470.8
Tarro + suelo seco	471.0	464.9	358.7	351.0	419.8	406.0
Peso de agua	60.0	66.1	39.8	47.5	51.0	64.8
Peso de tarro	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0
Peso del suelo seco	331.0	324.9	218.7	211.0	278.8	266.0
% de humedad	18.13	20.34	18.30	22.51	18.23	24.36

Fecha	Hora	Tiempo (s)	Españón			Españón			Españón		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
23/01/22	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24/01/22	14:30	22	0.0	0.00	0.0	32.0	0.30	0.3	21.1	0.54	0.5
25/01/22	14:30	42	0.0	0.00	0.0	21.5	0.55	0.5	42.4	1.08	0.9
26/01/22	14:30	63	18.8	0.48	0.4	35.6	0.90	0.8	62.5	1.59	1.4
27/01/22	14:30	95	25.6	0.65	0.6	49.8	1.26	1.1	75.8	1.93	1.7

Penetración	Carga (kg/cm²)	Molde Nº 44		Molde Nº 32		Molde Nº 43				
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección			
	Dial (div)	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	%	
0.000	0	0		0	0		0	0		
0.025	32.8	2		21.8	1		18.9	1		
0.050	73.2	6		32.8	3		38.5	3		
0.075	127.2	8		60.0	4		32.8	3		
0.100	198.0	9	13.6	112	6	112	11.0	82.5	4	8.3
0.125	270.1	12		168.9	9		119.0	8		
0.150	361.8	18		248.6	12		172.5	9		
0.200	602.9	24	30.1	337.8	17	21.8	267	20.8	12	18.0
0.300	1281.2	37		518.2	26		381.5	30		
0.400	1871.2	48		601.9	33		475.8	34		
0.500										

Observaciones del ensayo:

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Ax Vicente Russo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 339.145

FECHA DE ENSAYO : 23/01/2022

TIPO DE PRODUCTO : Suelos

RESP. LAB. : S.B.F

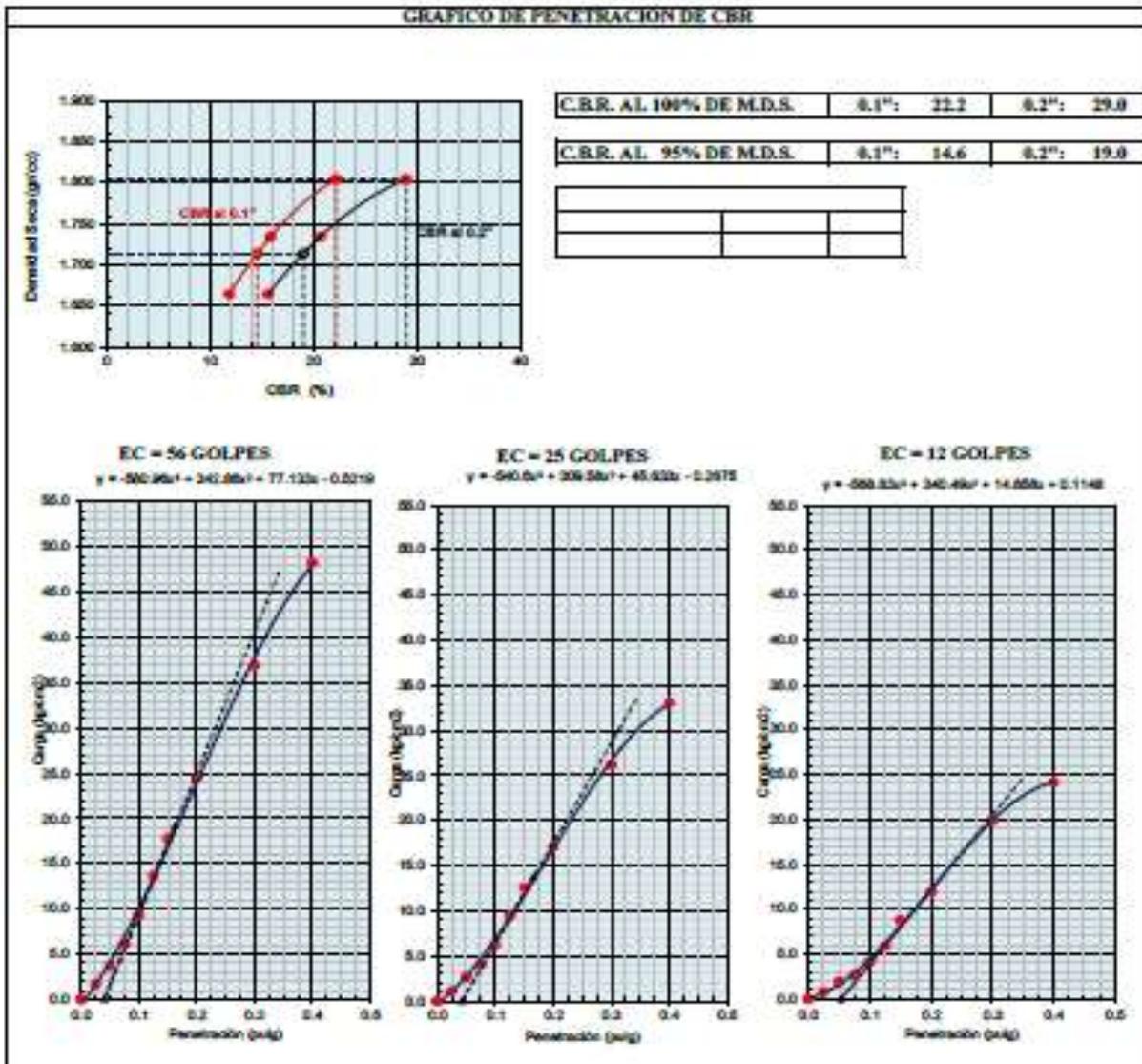
CÓDIGO ÚNICO : S/C

TEC. LAB. : H.D.R.

DESCRIPCION : Patrón + 20%

MUESTRA : M401

### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



Observaciones del ensayo:

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruiz Lote 1 3/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfalto  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 539.143

FECHA DE ENSAYO : 23/01/2022

TIPO DE PRODUCTO : Suelos

RESP. LAB. : S.B.F.

CÓDIGO ÚNICO : SAC

TEC. LAB. : H.D.R.

DESCRIPCION : Pavito + 30%

MUESTRA : M-01

### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica						
Nº de molde	32		2		28	
Nº capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	13080	13130	12356	12482	12004	12196
Peso de molde	8603	8603	8053	8023	7853	7853
Peso de suelo húmedo	4477	4527	4303	4459	4151	4343
Volumen del molde	2196	2196	2198	2198	2122	2122
Densidad húmeda	2.126	2.150	2.041	2.101	1.956	2.047
% de humedad	19.35	21.31	19.26	21.49	19.23	25.52
Densidad seca	1.781	1.772	1.711	1.701	1.641	1.631
Contenido de humedad						
Nº de tarro	-		-		-	
Tarro + suelo húmedo	592.0	592.0	436.6	436.6	450.0	450.0
Tarro + suelo seco	520.0	514.0	390.0	381.7	401.3	388.6
Peso de agua	72.0	78.0	46.6	54.9	48.7	61.4
Peso de tarro	148.0	148.0	148.0	148.0	148.0	148.0
Peso del suelo seco	372.0	366.0	242.0	233.7	253.3	240.6
% de humedad	19.35	21.31	19.26	23.49	19.23	25.52

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión											
			Expansión			Expansión			Expansión					
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%			

NO EXPANSIVO

Penetración	Carga Base	Penetración											
		Molde Nº 32				Molde Nº 2				Molde Nº 28			
		Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.020		28.8	1			22.8	1			14.5	1		
0.040		81.5	3			58.9	3			24.5	1		
0.075		175.9	6			95.9	3			38.5	2		
0.100	76.3	255.5	10	20.1	28.4	145.5	1	12.4	38.0	89.9	3	9.8	14.0
0.125		312.1	16			225.5	10			100.2	3		
0.150		401.5	21			290.5	14			140.5	1		
0.200	165.3	578.5	28	91.2	11.8	380.5	20	20.4	20.1	205.9	10	18.6	17.7
0.300		791.4	40			580.0	28			364.0	20		
0.400		1023.2	51			740.1	38			501.2	28		
0.500													

Observaciones del ensayo:

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Raso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 339.145

FECHA DE ENSAYO : 23/01/2022

TIPO DE PRODUCTO : Suelos

RESP. LAB : S.B.F.

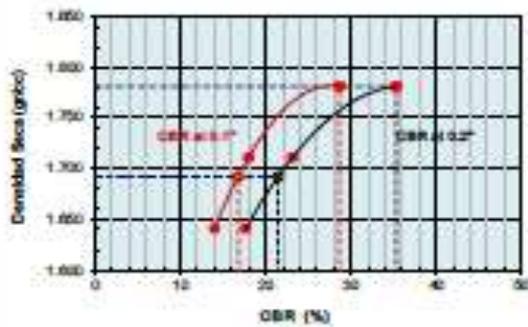
CÓDIGO ÚNICO : SAC

TEC. LAB : H.D.R.

DESCRIPCION : Patrón + 30%

MUESTRA : M-01

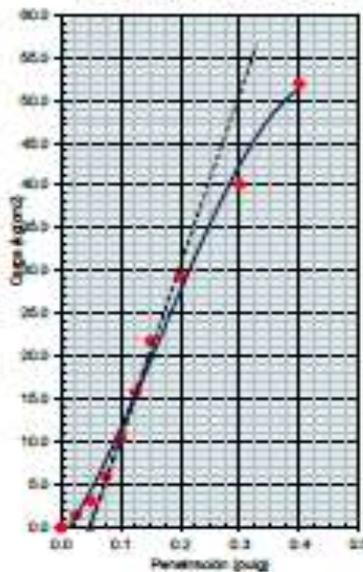
### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1":	28.6	0.2":	35.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1":	16.8	0.2":	21.5

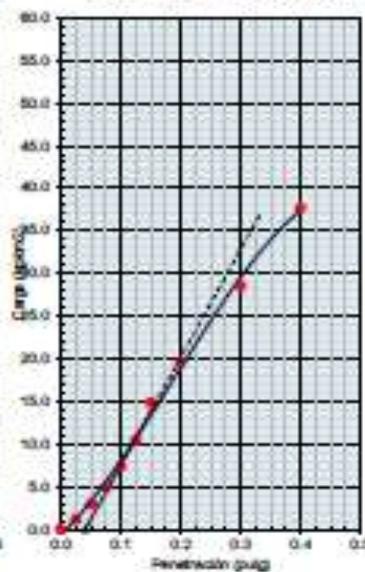

#### EC = 56 GOLPES

$$y = -764.02x^2 + 290.75x + 97.457x - 1.3528$$



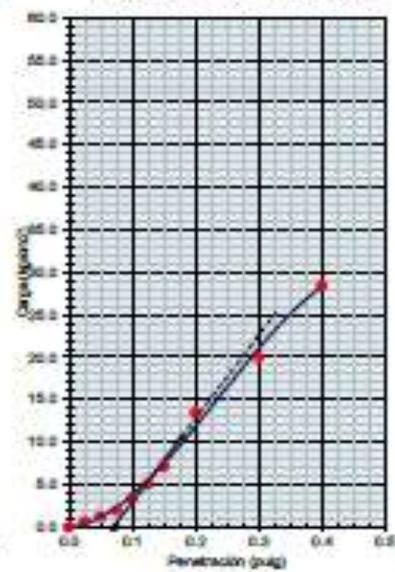
#### EC = 25 GOLPES

$$y = -417.18x^2 + 238.82x^2 + 68.956x - 0.5828$$



#### EC = 12 GOLPES

$$y = -820.7x^2 + 370.96x^2 + 5.4607x + 0.0758$$



Observaciones del ensayo:

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Ax Vicente Ruzo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 988 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)  
 REFERENCIA NORMATIVA : NTP 339.143  
 TIPO DE PRODUCTO : Suelos  
 CÓDIGO ÚNICO : SC  
 DESCRIPCION : Fierro + 40%  
 MUESTRA : M-01

FECHA DE ENSAYO : 23/01/2022  
 RESP. LAB : S.B.F.  
 TEC. LAB : H.D.R.

### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica						
Nº de molde	13		20		5	
Nº capas	5		5		5	
Quilpas por capa Nº	56		28		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	13954	13005	11336	11469	12204	12399
Peso de molde	7484	7484	7071	7071	8125	8125
Peso de suelo húmedo	4470	4521	4265	4398	4099	4274
Volumen del molde	2119	2119	2106	2106	2114	2114
Densidad húmeda	2.109	2.134	2.025	2.079	1.939	2.022
% de humedad	20.22	22.39	20.18	24.16	20.15	26.25
Densidad seca	1.754	1.744	1.685	1.674	1.614	1.602
Contenido de humedad						
Nº de tarro	-		-		-	
Tarro + suelo húmedo	585.0	585.0	511.9	511.9	490.3	490.3
Tarro + suelo seco	511.0	504.5	458.3	448.5	432.4	418.5
Peso de agua	74.0	80.5	61.6	71.4	57.9	71.8
Peso de tarro	145.0	145.0	145.0	145.0	145.0	145.0
Peso del suelo seco	356.0	359.5	305.3	295.5	287.4	273.5
% de humedad	20.22	22.39	20.18	24.16	20.15	26.25

### Expansión

Fecha	Hora	Tiempo hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

### Penetración

Penetración	Carga kg/cm <sup>2</sup>	Molde Nº 13					Molde Nº 20					Molde Nº 5				
		Carga	Corrección		%	Carga	Corrección		%	Carga	Corrección		%			
psig	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
0.000	0	0				0	0			0	0					
0.003	46.8	2			25.2	1			18.2	1						
0.006	93.6	4			50.4	4			36.4	4						
0.013	187.2	8			100.8	7			72.8	8						
0.130	70.3	241.1	22	24.3	34.6	225.8	11	18.1	22.7	145.8	7	13.8	18.1			
0.123		375.4	39			324.5	17			190.3	9					
0.130		523.8	57			478.9	23			276.5	14					
0.230	168.8	720.5	87	63.8	65.6	582.5	29	16.7	22.4	386.8	20	24.3	28.2			
0.530		998.2	11			882.2	45			521.1	21					
0.630		1271.5	44			954.4	48			551.4	33					

Observaciones del ensayo:

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Riso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfalto  
 948 852 622 - 954 131 476 - 988 028 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 339.145

FECHA DE ENSAYO : 23/01/2022

TIPO DE PRODUCTO : Suelos

RESP. LAB : S.B.F.

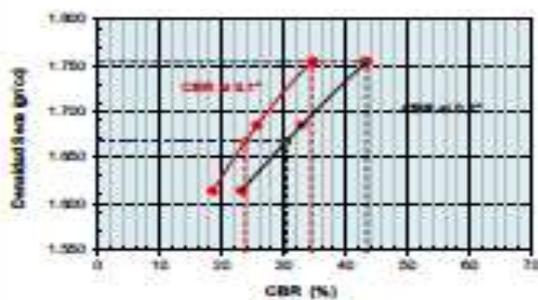
CÓDIGO ÚNICO : SC

TEC. LAB : H.D.R.

DESCRIPCION : Patrón + 40%

MUESTRA : M-01

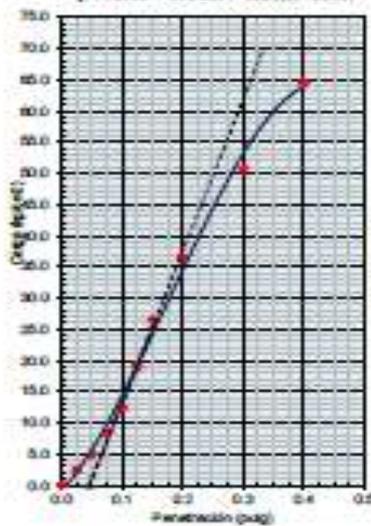
### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1":	34.6	0.2":	43.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1":	23.9	0.2":	30.4

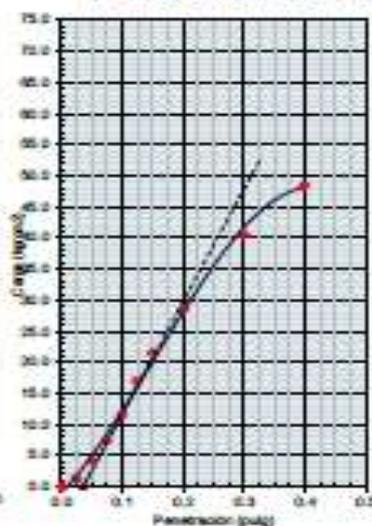

EC = 56 GOLPES

$$y = -1076x^2 + 573.03x + 105.05x - 0.9691$$



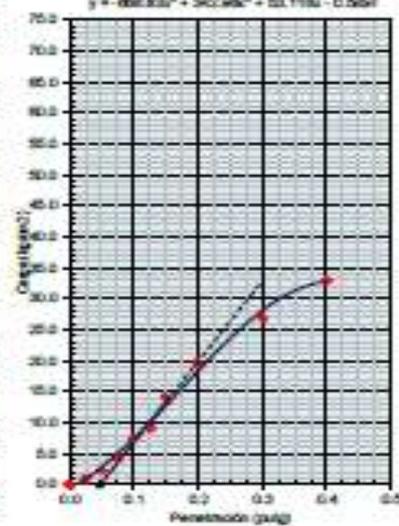
EC = 25 GOLPES

$$y = -473.00x^2 + 272.07x + 124.14x - 1.0768$$



EC = 12 GOLPES

$$y = -888.83x^2 + 343.95x + 53.115x - 0.9691$$



Observaciones del ensayo:

Fin de documento.





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
SLSP - LF - 011-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

página 1 de 3

1.- Expediente : 011  
2.- Cliente : SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C  
Dirección : AV. VIENTOS RURO LOTE 1 FUND. EL CERRO LAMBAQUEQUE - CHILAYO - CHILAYO

3.- Equipo: : PRESA CBR  
Marca : OIKOM  
Modelo : P50  
N° Serie : 02010201  
Procedencia : COLOMBIA  
Identificación : P - CBR - 01  
Clase : NO INGRESA  
Indicador (Epi) : DIGITAL  
Marca : PRECIS - WEIGHT  
Modelo : 315 - R5  
N° Serie : 0033572  
Capacidad máxima : 5000 ( kgf )  
Resolución : 0.1 ( kgf )

4.- Fecha y lugar de calibración :  
Fecha de calibración : 2023-06-07  
Lugar de calibración : AV. VIENTOS RURO LOTE 1 FUND. EL CERRO LAMBAQUEQUE - CHILAYO - CHILAYO

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realicen las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a replantarlo vigente.

Servicio de Laboratorio de Suelos y Pavimentos S.A.C. no se responsabiliza de los parámetros que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración que devenga.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido (totalmente o en la aprobación por escrito del solicitante) que lo emita.

El certificado de calibración en tinta y sello verde de validación.

5.- Método de calibración  
La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones primales, tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Universales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del Sistema de medida de Fuerza". Julio 2006.

6.- Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22.2 °C	26 °C
Humedad	76.51%	68.51%

Fecha de Emisión: 2023-06-07

Ing. Secundino Barga Fernández  
Jefe del Laboratorio de Metrología



Ing. Carlos Olivares Rojas  
Técnico de Metrología

• Av. Vientos Rufo Lote 1, Fundo El Cerro (Al Costado de la Quinta Anillaro - Prolongación Batagosa)  
• Servicios de Laboratorios Chilayo - EMP Asfaltos  
• 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
• emp\_calibraciones@hotmail.com  
• servicios\_lab@hotmail.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
SLSP - LF - 011-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

página 2 de 3

7.- Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado
LABORATORIO DE METROLOGIA INSTRUMENTOS S.A.S	CELDA DE CARGA DE 4500 kgf	F-28671-002 R0

8.- Resultados de medición

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Acumulo)					
	Patrones de calibración					
%	F <sub>1</sub> (kgf)	F <sub>2</sub> (kgf)	F <sub>3</sub> (kgf)	F <sub>4</sub> (kgf)	F <sub>5</sub> (kgf)	F <sub>promedio</sub> (kgf)
11.0	545.0	545.3	545.3	545.3	545.3	545.3
18.0	863.0	863.3	863.3	863.3	863.3	863.3
27.0	1395.0	1395.3	1395.3	1395.3	1395.3	1395.3
36.0	1892.0	1892.3	1892.3	1892.3	1892.3	1892.3
45.0	2389.0	2389.3	2389.3	2389.3	2389.3	2389.3
54.0	2886.0	2886.3	2886.3	2886.3	2886.3	2886.3
63.0	3383.0	3383.3	3383.3	3383.3	3383.3	3383.3
72.0	3880.0	3880.3	3880.3	3880.3	3880.3	3880.3
81.0	4377.0	4377.3	4377.3	4377.3	4377.3	4377.3
90.0	4874.0	4874.3	4874.3	4874.3	4874.3	4874.3
Retorno a cero						
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición			Incertidumbre expandida (k = 2)	
	Error de medida a (%)	Repetibilidad b (%)	Resolución c (%)	u (%)	U (%)
500.0	0.17	0.24	0.02	0.19	0.20
800.0	0.16	0.24	0.02	0.18	0.19
1300.0	0.16	0.24	0.02	0.18	0.19
1800.0	0.16	0.24	0.02	0.18	0.19
2300.0	0.16	0.24	0.02	0.18	0.19
2800.0	0.16	0.24	0.02	0.18	0.19
3300.0	0.16	0.24	0.02	0.18	0.19
3800.0	0.16	0.24	0.02	0.18	0.19
4300.0	0.16	0.24	0.02	0.18	0.19
4800.0	0.16	0.24	0.02	0.18	0.19

Incertidumbre por error de cero: 0.00



La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura K=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

• Av. Vientos Rufo Lote 1, Fundo El Cerro (Al Costado de la Quinta Anillaro - Prolongación Batagosa)  
• Servicios de Laboratorios Chilayo - EMP Asfaltos  
• 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
• emp\_calibraciones@hotmail.com  
• servicios\_lab@hotmail.com

MEMBRO DE REPRESENTACIONAL Y PRODUCTO RECONOCIDO POR LA AUTORIDAD NACIONAL DE METROLOGIA DEL PERU



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
SLSP - LF - 011-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

página 3 de 3



16.- Observaciones  
• Se colocó una etiqueta adhesiva.  
• Durante la realización de cada ejecución de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permaneció estable dentro de un intervalo de  $\pm 2.5$  °C.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



Fin del Certificado

• Av. Vientos Rufo Lote 1, Fundo El Cerro (Al Costado de la Quinta Anillaro - Prolongación Batagosa)  
• Servicios de Laboratorios Chilayo - EMP Asfaltos  
• 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
• emp\_calibraciones@hotmail.com  
• servicios\_lab@hotmail.com

MEMBRO DE REPRESENTACIONAL Y PRODUCTO RECONOCIDO POR LA AUTORIDAD NACIONAL DE METROLOGIA DEL PERU

## Anexo 4. Análisis estadístico

### VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE USO DE CONCRETO RECICLADO PULVERIZADO Y SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS

**Estadísticas de fiabilidad**  
**Información recopilada del ensayo**  
**CBR al 95% y 100% camino LA-784**  
**Chosica del Norte**

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,985	2

#### Estadísticas de total de elemento

	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
CBR AL 95%	1,690	1,000	1,000
CBR AL 100%	1,029	1,000	1,000

#### ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos	8,033	3	2,678		
Intra sujetos					
Entre elementos	10,294	1	10,294	251,987	,001
Residuo	0,123	3	0,041		
Total	10,417	4	2,604		
Total	18,450	7	2,636		

Media global = 9,1356

  
VAN MEDARDO MORALES CHAYARRY  
LICENCIADO EN ESTADÍSTICA  
COESPE Nº 311

**Estadísticas de fiabilidad a Ensayo  
CBR al 95% y 100% de su Máxima  
densidad | óptimo % de CRP**

Alfa de Cronbach	N de elementos
,896	4

**Estadísticas de total de elemento**

		Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
0%	OPTIMO 30% -	74,149	,999	,907
95%	CBR 95%	44,041	1,000	,770
0%	OPTIMO 30% -	69,260	1,000	,880
100%	CBR 100%	28,062	1,000	,878

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos		69,441	3	23,147		
Intra sujetos	Entre elementos	1791,748	3	597,249	249,215	,000
	Residuo	21,569	9	2,397		
	Total	1813,317	12	151,110		
Total		1882,758	15	125,517		

Media global = 18,9778

En las tablas se observa que, el instrumento sobre Uso de concreto reciclado pulverizado y su influencia en la estabilización de suelos cohesivos es válido (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).

  
**VAN MEDARDO MORALES CHAVARRY**  
 LICENCIADO EN ESTADISTICA  
 COESPE N° 311

## Anexo 5. Validación y confiabilidad por 5 jueces expertos

### VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE USO DE CONCRETO RECICLADO PULVERIZADO Y SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS

	Proctor	CBR
JUEZ 1	1	0
JUEZ 2	1	0
JUEZ 3	1	1
JUEZ 4	1	1
JUEZ 5	1	1

	Proctor	CBR
S	5	3
n	5	
c	2	
V de Aiken por preg =	1	0.6

	Claridad
V de Aiken por criterio	0.8

	Proctor	CBR
JUEZ 1	1	1
JUEZ 2	1	0
JUEZ 3	1	1
JUEZ 4	1	1
JUEZ 5	1	1

	Proctor	CBR
S	5	4
n	5	
c	2	
V de Aiken por preg =	1	0.8

	Contexto
V de Aiken por criterio	0.9

  
**IVÁN BEDARÍO MORALES CHAVARRI**  
 LICENCIADO EN ESTADÍSTICA  
 COESPE N° 311

	Proctor	CBR
JUEZ 1	1	1
JUEZ 2	1	1
JUEZ 3	1	1
JUEZ 4	1	1
JUEZ 5	1	0

	Proctor	
S	5	4
n	5	
c	2	
V de Aiken por preg =	1	0.8

	Congruencia	
V de Aiken por criterio		0.9

	Proctor	CBR
JUEZ 1	0	1
JUEZ 2	0	1
JUEZ 3	0	1
JUEZ 4	1	1
JUEZ 5	1	1

	Proctor	CBR
S	2	5
n	5	
c	2	
V de Aiken por preg =	0.4	1

	Dominio del constructo	
V de Aiken por criterio		0.7

V de Aiken del cuestionario	0.825
-----------------------------	-------

  
 IVÁN MEDARDO MORALES CHAVARRY  
 LICENCIADO EN ESTADÍSTICA  
 COESPE N° 311

En las tablas se observa sobre Uso de concreto reciclado pulverizado y su influencia en la estabilización de suelos cohesivos es válido (Este coeficiente puede obtener valores entre 0 hasta 1, a medida que va aumentando el valor de computado, el ítem tendrá una mayor validez de contenido).



IVÁN MEDARDO MORALES CHAVARRY  
LICENCIADO EN ESTADÍSTICA  
COESPE N° 511

Colegiatura N° 19239

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
URQUIAGA VEGA JORGE ALBERTO	RESIDENTE DE OBRA - KONACU	Proctor, CBR	Fernandez Llanos Yalili Alina
<b>Título de la Investigación:</b> Uso de concreto reciclado pulverizado y su influencia en la estabilización de suelos cohesivos			

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	A	Correcto
2	A	Correcto

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

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Proctor	X		X		X			X
2	CBR		X	X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: URQUIAGA VEGA JORGE ALBERTO

Especialidad: INGENIERO CIVIL.

CONSORCIO SANCHEZ CARRION

Ing. Jorge Alberto Urquiaga Vega  
RESIDENTE DE OBRA  
DIP-19239

**Colegiatura N° 76 401**

**Ficha de validación según AIKEN**

**I. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Tolentino Vajarano Richard Rene	Supervisor de obra	Proctor modificado, CBR	Fernandez Llanos Yalili Alina
<b>Título de la Investigación:</b> Uso de concreto reciclado pulverizado y su influencia en la estabilización de suelos cohesivos			

**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	A	Correcto
2	A	Correcto

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

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Proctor	X		X		X			X
2	CBR		X		X	X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Richard Rene Tolentino Vajarano

Especialidad: Ing. Civil

  
**CONSORCIO SAN PABLO**  
 Ing. Richard Rene Tolentino Vajarano  
 SUPERVISOR DE OBRA  
 CIP. N° 75491

Colegiatura N°: 203842

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
MESTANZA LINARES ROLANDO ALBERTO	ING. CIVIL ESP. SANTIBARRIO Y SUEROS KOTAC V SAC	Proctor modificado, CBR	Fernandez Llanos Yalili Alina
<b>Título de la Investigación:</b> Uso de concreto reciclado pulverizado y su influencia en la estabilización de suelos cohesivos			

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	A	Correcto
2	A	Correcto

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

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Proctor	X		X		X		X	
2	CBR	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: MESTANZA LINARES ROLANDO ALBERTO

Especialidad: ING CIVIL - ESPECIALISTA EN SUELOS Y SANITARIO

  
 CONSORCIO BANCHEZ CARRIÓN  
 Rolando Alberto Mestanza Linares  
 ING. SANITARIO  
 CIP N° 203842

Colegiatura N°: 231571

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Caballero Jesús Víctor David	Especialista en Estructuras KONAUSAC	Proctor modificado, CBR	Fernandez Llanos Yalili Alina
<b>Título de la Investigación:</b> Uso de concreto reciclado pulverizado y su influencia en la estabilización de suelos cohesivos			

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	A	Correcto
2	A	Correcto

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

	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Proctor	X		X		X		X	
2	CBR	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Caballero Jesús Víctor David

Especialidad: Ing. Civil - Especialista Estructuras.

  
 Ing. Víctor David Caballero Jesús  
 CIP N° 231571  
 ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS

Colegiatura N°: 15 2533

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
RICHAR WILSON CABRERA RUIZ	ESPECIALISTA EN PUENTES	Proctor modificado, CBR	Fernandez Llanos Yalili Alina
<b>Título de la Investigación:</b> Uso de concreto reciclado pulverizado y su influencia en la estabilización de suelos cohesivos			

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	A	Correcto
2	A	Correcto

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

	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Proctor	X		X		X			X
2	CBR	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (x) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: RICHAR WILSON CABRERA RUIZ - Ing. CIVIL

  
Richard Wilson Cabrera Ruiz  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 152533

## Anexo 9. Panel fotográfico



Ilustración 1. Calicatas para obtención de la muestra de suelo.



**Ilustración 2. Granulometría del suelo en estudio**



**Ilustración 3. Ensayo de limites**



**Ilustración 4. Peso de muestra para CBR**



Ilustración 5. Ensayo de CBR del suelo natural



Ilustración 6. Ensayo de CBR con suelo estabilizado



**Ilustración 7. Concreto reciclado llevado a cantera para realizarse el proceso de pulverización**



**Ilustración 8. Obtención de la muestra pasada por la pulverizadora en la cantera PIEDRA AZUL**



**Ilustración 9. Tamizado de concreto reciclado pasado por la pulverizadora por la malla N° 50**



**Ilustración 10. Almacenamiento del concreto reciclado pulverizado pasado por malla N°50**