



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Mejoramiento de suelos arcillosos, utilizando cal en la sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector el Parral, Jaén, Cajamarca 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

**AUTORES:**

Herrera Diaz, Santos Clemente (orcid.org/0000-0001-8260-266X)

Miranda Gonzalez, Luis Sebastian (orcid.org/0000-0001-7609-5518)

**ASESOR:**

Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo (orcid.org/0000-0003-0254-301X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura Vial

**LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

PIURA -PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A Dios todo poderoso por haberme dado la fortaleza y guiado a lo largo de mi vida para seguir adelante en todo momento. A mis padres y familiares y a todas las personas que de una u otra manera siempre me han brindado su apoyo para seguir adelante en mis estudios y ser un profesional de éxito.

**Santos Clemente**

Le doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

**Luis Sebastián**

## **Agradecimiento**

A mis padres por su valiosa contribución durante mi formación profesional

A toda mi familia y amigos por su apoyo desinteresado y sus constantes orientaciones para hacer realidad la culminación de mis estudios y ser un profesional de éxito.

**Santos Clemente**

Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

**Luis Sebastián**

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice De Tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	13
3.2 Variables y Operacionalización .....	13
3.3 Población y muestra.....	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5 Procedimientos .....	15
3.6 Método de análisis de datos.....	16
3.7 Aspectos éticos .....	16
IV. RESULTADOS.....	17
V. DISCUSIÓN .....	26
VI. CONCLUSIONES .....	28
VII. RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS.....	30
ANEXOS .....	36

## Índice De Tablas

Tabla 1. Características de Cal hidratada .....	8
Tabla 2. Clasificación de las Cales.....	8
Tabla 3. Composición química de la cal hidratada .....	9
Tabla 4. Análisis granulométrico-Calicata I .....	17
Tabla 5. Análisis Granulométrico – Calicata II.....	18
Tabla 6. Análisis granulométrico – Calicata III.....	19
Tabla 7. Determinación del contenido de humedad de calicata- I.....	20
Tabla 8. Determinación del contenido de humedad de la calicata II .....	21
Tabla 9. Determinación del contenido de humedad de calicata III .....	22
Tabla 10. Resumen del ensayo Proctor .....	23
Tabla 11. Resumen de CBR sin adición.....	24
Tabla 12. Resumen de los ensayos con adición de 7%, 10% y 12% de cal en la subrasante.....	24

## Índice de figuras

Figura 1. Cal hidrata Topex .....	8
Figura 2. Procedimientos.....	15
Figura 3. Curva granulométrica I .....	17
Figura 4. Curva Granulométrica II .....	18
Figura 5. Curva Granulométrica III .....	19
Figura 6. Densidad seca y contenido de humedad .....	23
Figura 7. Resumen de ensayo de CBR con adición del 7% 10% 12% de cal .....	25

## Resumen

El desarrollo del presente proyecto “Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando cal en la sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector el Parral, Jaén, Cajamarca 2022”. Tiene como objetivos a). de Clasificar las muestras de suelos mediante sus ensayos de granulometría, límites de Atterberg con el método AASTHO y SUCS, b). Determinar el contenido de humedad y la densidad seca del suelo, mediante el ensayo de Proctor modificado y c). Realizar ensayos de Californian Bearing Ratio (CBR), de muestras del suelo en estudio en estado natural y con diferentes con los porcentajes de cal del 7%, 10% y 12%. Cuyos resultados en las tablas muestra las cantidades en porcentaje de material que pasan por los varios tamices la cual se puede apreciar claramente que el material predominante según la clasificación SUCS. En su conclusión los estudios realizados se comprobaron que con una adición de cal del 12% al suelo natural el CBR incrementó, esto significa que el nuevo valor de CBR al 100% de la MDS estabilizado fue de 15.50%.

**Palabras clave:** infraestructura vial, estudios básicos de ingeniería, diseño geométrico, obras de arte, normatividad vigente para pavimentos.

## Abstract

The development of this project of "Improvement of clayey soils using lime in the pavement subgrade, El Porvenir passage, El Parral sector, Jaén, Cajamarca 2022". Its objectives are a). To classify the soil samples by means of their granulometry tests, Atterberg limits with the AASTHO and SUCS method, b). Determine the moisture content and dry density of the soil, using the modified Proctor test and c). Carry out Californian Bearing Ratio (CBR) tests on soil samples under study in their natural state and with different lime percentages of 7%, 10% and 12%. Whose results in the tables show the amounts in percentage of material that pass through the various sieves, which can clearly be seen that the predominant material according to the SUCS classification is a GM (silty gravel). In conclusion, the studies carried out confirmed that with a 12% addition of lime to the natural soil, the CBR increased, this means that the new value of CBR at 100% of the stabilized MDS was 15.50%.

**Keywords:** Clay soils, subgrade, granulometry, Californian Bearing Ratio (CBR) test.



## I. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Huancayo de acuerdo a su investigación según Orejon, (2018) la problemática de los pavimentos ya que son estructuras más utilizadas a nivel nacional debido a su bajo costo y facilidad de instalación. Sin embargo, dado que nuestro país tiene una variedad de geomorfología que va desde la costa con suelos arenosos, pasando por montañas con suelos arcillosos y bosques con suelos orgánicos, entendemos la diversidad de tipos de suelo. Este suelo es en algunos casos inadecuado lo cual tiene un California Bearing Ratio (CBR), de menos del 6%, que determina el estándar. En estos casos, es recomendable instalar el sustrato de forma mecánica o utilizando geomallas y otros materiales. En este sentido, es necesario generar una propuesta adecuada para el mejoramiento del sustrato de pavimentos blandos utilizando geomallas biaxiales en suelos de bajo soporte de California.

Las características geológicas del Perú son una variedad de suelos, terreno accidentado y una variedad de climas. Los suelos sedimentarios predominantes en esta región son de tipo arcilloso y cuando se saturan con cambios de volumen que conducen a la inestabilidad, también son de baja capacidad de carga y no se puede utilizar como capa de relleno en el pavimento.(Moale y Rivera, 2022)

Uno de los problemas que tuvimos en nuestros métodos a nivel de subcapa es que encontramos capas de lodo muy expansivas, capas de lodo similares con una gran capacidad de agua, porque cuando esto sucede, será un proceso largo, haciendo que las zonas viales sean casi intransitables, estos caminos planos subterráneos se conocen como senderos. Este tipo de vías son las más afectadas, y peor aún situadas en zonas con lluvia frecuente.(Samamé, 2021)

A la fecha, la ciudad de Pucallpa cuenta con una infraestructura vial deficiente, y no es ajena a este problema, el fenómeno del lodo, que dificulta el diseño, construcción y mantenimiento de las vías. Es por ello que este estudio busca solucionar este problema estabilizando el suelo mediante la aplicación del

aditivo Quim kd-40 y cal apagada, intentando así mejorar el suelo. Generalmente, estas obras de ingeniería son propuestas por los gobiernos central, provincial y local, quienes realizan excavaciones de suelo en forma masiva si el sitio en cuestión no presenta las propiedades geomecánicas necesarias para el desarrollo vial la ejecución es invalida. (Rabanal, 2020)

### **Formulación del problema**

¿Cuál será el comportamiento de la estabilización de suelos arcillosos utilizando cal en la sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector El Parral, Jaén, Cajamarca?

### **Justificación**

**Justificación técnica:** En este estudio nos permitirá saber si la adición de textura de cal en una capa de arcilla mejorara la capacidad del suelo y de esta manera podemos mejorar los proyectos en los pavimentos lo cual servirá como alternativa para resolver este tipo de problema.

**Justificación teórica:** Actualmente se están realizando investigaciones sobre la estabilización química del suelo de la carretera mencionada anteriormente utilizando cenizas, pero no hay investigaciones sobre la estabilización química con cal. Por esta razón, esta tesis es una contribución importante que se utilizará en futuros estudios de comparación de costo-factibilidad entre las dos tecnologías de instalación en el área de estudio.

**Justificación metodológica:** Hay terrenos en proceso de construcción de carreteras en el sitio de inversión. Los materiales se utilizan principalmente para la construcción de pavimentos, por lo que sus propiedades son importantes para la adecuada vida útil de cada estructura. Estos suelos, utilizados en obras de ingeniería, deben cumplir con ciertos requisitos de calidad especificados en los documentos reglamentarios internacionales y nacionales, y si estos requisitos no se cumplen, es necesario utilizar métodos mejorados, principalmente sus características de resistencia.

## **Objetivo general**

Mejorar la capacidad de soporte de la sub rasante de pavimentos mediante la estabilización de suelos utilizando cal en la subrasante del pavimento, pasaje El Porvenir, sector El Parral, Jaén, Cajamarca

## **Objetivos específicos**

- Clasificar las muestras de suelos mediante sus ensayos de granulometría, límites de Atterberg con el método AASTHO y SUCS
- Determinar el contenido de humedad y la densidad seca del suelo, mediante el ensayo de Proctor modificado
- Realizar ensayos de Californian Bearing Ratio (CBR), de muestras del suelo en estudio en estado natural y con diferentes con los porcentajes de cal del 7%, 10% y 12%

## **Hipótesis:**

Si la utilización de la cal permitirá mejorar la capacidad portante en la sub rasante de pavimentos en el pasaje el Porvenir, sector el Parral, Jaén, Cajamarca 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Pandey y Rabbani, (2018) En su investigación denominada “*Stabilisation of Pavement Subgrade Soil Using Lime and Cement Review*” presenta como objetivo principal de este estudio de investigación fue comparar la cal y el cemento como agentes estabilizadores de suelos de subrasante en la construcción de pavimentos. El estudio incluye una investigación preliminar, construcción, monitoreo y pruebas posteriores a la construcción, este artículo consiste en un estudio de la literatura sobre la estabilización del suelo de la subrasante del pavimento con cal y cemento. La población de la presente investigación es en la ciudad de la India es un lugar de diversidad geográfica que tiene diferentes suelos en diferentes áreas. Por lo que para mejorar aquellas zonas que tienen poca capacidad portante se utiliza la técnica de estabilización. Tanto los métodos de estabilización mecánicos como los químicos se utilizan para mejorar la resistencia del suelo. En el método mecánico, se utilizan algunas máquinas para cavar el suelo y algún otro tipo de suelo mezclado con suelo pobre en la cantidad requerida. Donde concluye en su investigación sobre la cal que es el aditivo más utilizado, ya que forman productos cementales que unen las partículas de arcilla, reduciendo así la plasticidad, la contracción, el hinchamiento y mejorando las características de resistencia.

Zumrawi y Hamza, (2018) En la investigación denominada “*Improving the Characteristics of Expansive Subgrade Soils Using Lime and Fly Ash Pavement evaluation View project construction gravel road View project Improving the Characteristics of Expansive Subgrade Soils Using Lime and Fly Ash*” Este artículo investiga las mejoras en las propiedades de los suelos expansivos, como subrasante de caminos estabilizados con cal y cenizas volantes en porcentajes variables. Se realizaron pruebas de laboratorio para estudiar las características de expansión y resistencia de los suelos expansivos estabilizados con cal, cenizas volantes y una combinación de ambos. Se agregaron cal y cenizas volantes por separado al suelo expansivo en rangos de 0-15% y 0-40%, respectivamente. Se realizaron pruebas de índice de

propiedad, compactación, relación de carga de California (CBR), resistencia a la compresión no confinada (UCS), hinchamiento libre y presión de hinchamiento en muestras de suelo natural y tratado. Para la mezcla investigada de cenizas volantes de cal; la cantidad de cal añadida 5% y 8% combinada con el contenido de cenizas volantes 0%, 5% y 10%. Comparando los resultados obtenidos de las muestras naturales y tratadas, el CBR y el UCS de las muestras tratadas con cenizas volantes de cal aumentaron significativamente, junto con la reducción de la hinchazón, dependiendo del contenido de aditivos. La estabilización de suelos expansivos de subrasante mediante una mezcla de cal y cenizas volantes es exitosa y más económica.

Manzoor y Aadil, (2020) En su investigación denominada “Stabilisation of soils with lime: a review” Habla sobre los crecientes problemas ambientales, las preocupaciones económicas y los recursos limitados de la tierra han obligado a los ingenieros a estabilizar los suelos problemáticos para la construcción de carreteras, edificios, vías férreas y otras estructuras. La cal, junto con el cemento y las cenizas volantes, se considera un estabilizador de suelo tradicional y se ha utilizado durante décadas. En este artículo, se han descrito en detalle diferentes aspectos de la estabilización con cal que abarcan diversas opiniones de los investigadores. Además, se han discutido la estabilización de suelos a través de columnas de cal, el tratamiento con cal de las capas de pavimento y la estabilización de terraplenes a base de cal como aplicaciones importantes de la estabilización con cal. Considerando el impacto del tratamiento con cal, se puede inferir que la resistencia del suelo, la durabilidad y la resistencia a la fatiga muestran un aumento mientras que la plasticidad, la compresibilidad y la densidad seca muestran una disminución neta, sin embargo, este aumento y disminución no continúa indefinidamente sino que se ralentiza.

Beeghly, (2018) En su tesis denominada “Recent Experiences with Lime – Fly Ash Stabilization of Pavement Subgrade Soils, Base, and Recycled Asphalt” El objetivo de este trabajo es relacionar experiencias nuevas y recientes e información sobre investigaciones recientes en el Centro de Tecnología.

Ramos y Robledo, (2020) En su investigación denominada “Estabilización de la sub rasante de la Av. Ahuashiyacu por medio de la concentración de Cal, en el distrito de la Banda de Shilcayo Provincia y región San Martín 2020” el objetivo que enmarca la investigación es determinar la influencia de la concentración de la cal sobre la sub rasante para que forme parte de la estructura de los pavimentos en la zona de su investigación. La metodología de la investigación es de tipo experimental lo cual busca determinar el efecto que causa la capacidad de soporte, lo cual la investigación es de carácter cuantitativo. La población de la investigación es la subrasante de la Av. Ahuashicayu con 4 interacción en determinados porcentajes, la muestra es de 05 calicatas lo cual permitirá conocer cada una de las características del suelo. En conclusión, el efecto de la cal como aditivo en el mejoramiento de suelos en la Av. Ahuashiyacu. aumenta la capacidad de carga de California (CBR) y la resistencia al corte de estas arcillas arenosas. De los cuatro tratamientos con cal, el 8 % de cal estabilizada proporcionó el mayor beneficio con un diseño CBR de 22,00 %.

## **Bases teóricas**

### **Pavimento**

El pavimento está hecho de varias capas, cuya resistencia disminuye con la profundidad. Por regla general, incluyen: la capa de soporte (que puede ser de asfalto o de hormigón), la capa de subbase y la capa de subbase que descansa sobre la capa de subbase. En algunos casos, puede faltar una de estas clases.(Concepción y Paco, 2020)

### **El suelo**

De la torre, (2018) Nos habla que el suelo disponible en la naturaleza es muy útil tanto para la agricultura como para la ingeniería. Desde el punto de vista de la ingeniería, el suelo juega diferentes roles en la construcción de edificios, carreteras, vías férreas, aeropuertos, puertos, etc. como material de cimentación. Quinteros, (2018) Expresa que, según el tipo de suelo, la resistencia difiere, en caso de que el suelo tenga poca resistencia para la estructura particular en el sitio, se requiere mejorar la resistencia del suelo

mediante el uso de técnicas de estabilización. Serrano y Padilla, (2019) Nos habla que antes de realizar la estabilización del suelo, se identifiquen los objetivos de la estabilización del suelo, se seleccione el tipo y la cantidad adecuados de estabilizadores para mejorar su calidad. (Rodríguez y Silva, 2019)

### **Mecánica de reacciones suelo-cemento**

Hay cuatro mecanismos por los cuales el suelo se estabiliza utilizando cemento. Los dos mecanismos más importantes son la hidratación y el intercambio catiónico, con carbonatación y reacciones puzolánicas que juegan un papel menos importante (San Andrés y Cañote, 2020)

### **Hidratación**

El cemento es una mezcla compleja compuesta por muchos compuestos. Los compuestos destacados que juegan un papel importante son C3S, C2S, C3A y C4AF. Hidalgo, (2018) El hidróxido de calcio aumenta el pH del agua y crea un entorno favorable en el ambiente para la estabilización. (Rabanal, 2020)

### **Carbonatación:**

Cal generada durante la hidratación del cemento. Esta cal reaccionará con el dióxido de carbono presente en el aire circundante y formará materiales cementosos de carbonato de calcio. Paramo, (2018) Estos materiales contribuyen a la mejora de la resistencia de los suelos estabilizados con cemento. (Pandey y Rabbani, 2018)

### **Cal**

La cal es un aditivo muy utilizado para mejorar las propiedades de los suelos expansivos. Silvia, (2020) La cal en forma de cal viva (óxido de calcio - CaO), cal hidratada (hidróxido de calcio – Ca [OH] o lechada de cal se puede utilizar para estabilizar los suelos arcillosos. Gerardo, (2018) La cal viva se fabrica transformando químicamente el carbonato de calcio (piedra caliza – CaCO<sub>3</sub>) en óxido de calcio. La cal hidratada se crea cuando la cal viva reacciona químicamente con el agua. Siavosh y Diaz, (2020) La estabilización con cal crea cambios duraderos en las características de la arcilla. Cuando la cal se mezcla con arcilla húmeda, tienen lugar una serie de reacciones, incluido el intercambio catiónico, la reacción puzolánica y la carbonatación. Estrada y Pintado, (2019) El intercambio de cationes es responsable de la agregación de

las partículas del suelo que conducen al desarrollo temprano de la resistencia. La reacción puzolánica tiene lugar lentamente y es responsable del desarrollo tardío de la resistencia. (Vásquez, 2018)

Figura 1. Cal hidrata Topex



Fuente: (Estefanero y Arque, 2021)

Tabla 1. Características de Cal hidratada

Características	Datos
Aspecto	Polvo
Color	Blanco Humo a grisáceo
% Ca (OH) 2	3 – 5 %
Olor	Inodoro

Fuente: (Estefanero y Arque, 2021)

Tabla 2. Clasificación de las Cales

Características	Datos	
S/ composición química	Cales cálcicas	Cant.Mgo <7%
	Cales magnésicas	Cant. MgO>7%
S/tipo de fraguado	Hidráulicas (tienen la propiedad de fraguar bajo el agua iv=0.16 a 0.50)	
		En piedra
S/hidratación	Cales vivas	En polvo
		En polvo
		En pasta

Fuente: (Estefanero y Arque, 2021)



Tabla 3. Composición química de la cal hidratada

Características	Datos
Hidróxido de calcio (Ca (OH) 2) 65	
Oxido de calcio activo (CaO)	48
Sílice (Si O2)	5.2
Aluminio y hierro (Al 2O3 y Fe 2O3)	0.7
Oxido de magnesio (MgO)	1.5
Carbonato de calcio (Ca CO3)	3.5

Fuente: (Estefanero y Arque, 2021)

### **Reacciones puzolánicas**

Una parte de la cal generada durante el proceso de hidratación el proceso de hidratación reacciona con los iones de sílice o alúmina de la estructura de la arcilla. Rossetti et al., (2020) El material cementoso suave da como resultado el fortalecimiento de los enlaces dentro del suelo estabilizado. (Landa y Torres, 2020)

### **Tipo de suelos aptos para la estabilización con cemento**

Aunque el cemento es capaz de estabilizar una amplia gama de tipos de suelos, es más efectivo en suelos arenosos, suelos arenosos con limo y suelos arcillosos que tienen un rango de plasticidad de bajo a medio. León, (2019) El cemento se puede usar en arcillas altamente plásticas, pero generalmente se considera que es más efectivo cuando se agrega cal inicialmente para reducir el índice de plasticidad. Rivera et al., (2020) En general, los requerimientos de cemento aumentan a medida que aumenta el contenido de limo y arcilla. Una regla general es "usar cal para las arcillas y cemento para la arena. (Alata y Vásquez, 2019)

### **Propiedades de Ingeniería del cemento estabilizado suelos**

La adición de cemento a un suelo por lo general resulta en una modificación de las propiedades de ingeniería de ese suelo. No todos los suelos se modificarán de la misma forma ni en el mismo grado. (Velásquez, 2018)

### **Índice de plasticidad**

El índice de plasticidad del suelo es una indicación de su potencial para cambiar de volumen debido a cambios en el contenido de agua. Farfán, (2019) Se esperaría que aquellos suelos que tienen un índice de plasticidad de 35 o mayor tengan un grado muy alto de expansión, mientras que se consideraría que un índice de plasticidad menor a 18 tiene un bajo grado de cambio de volumen. Moya, (2022) Normalmente, los suelos con un índice de plasticidad inferior a 18 plantearían pocos problemas. Por lo general, el cemento tiene un gran efecto en la reducción del índice de plasticidad incluso en porcentajes bajos de cemento. Peñafiel, (2021) A medida que el índice de plasticidad aumenta por encima de 30 o el límite líquido aumenta por encima de 50, la mezcla puede resultar difícil. Es común agregar de 2 a 3 por ciento de cal o cemento como pretratamiento. (Moreno y Rodriguez, 2019)

### **Compactación:**

la adición de cemento a un suelo generalmente provoca un cambio en el contenido de humedad óptimo (OMC) y la densidad seca máxima (MDD). La mayor gravedad específica del cemento produce una mayor densidad. De la Cruz et al., (2021) La floculación generalmente da como resultado una ligera disminución de la densidad junto con un ligero aumento del contenido óptimo de humedad. Como sugiere, el contenido de humedad debe aumentarse por encima del óptimo en un 2 – 4 % si hay un retraso en la compactación. (Coca, 2021)

### **La cal como estabilizador de suelos**

Muchos métodos y agentes químicos se han utilizado en el pasado para tratar con éxito los suelos para aumentar su trabajabilidad. De estos, la cal ha sido la más eficaz para estabilizar la subrasante. La cal se utiliza principalmente en suelos con un alto contenido de arcilla, es decir, para suelos que tienen propiedades físicas como un índice de plasticidad (PI) superior a 15-18, un cambio volumétrico superior a un 20-30 % y un contenido de arcilla superior a un 25-30 %. (Barriga, 2021)

### **Tipos de suelos aptos para la estabilización con cal**

La adición de cal a suelos de grano medio y grano fino reduce el índice de plasticidad y el hinchamiento al tiempo que aumenta la trabajabilidad y la

resistencia. La montmorillonita reacciona con la cal más rápidamente que la caolinita. De acuerdo con, los suelos con índices de plasticidad (PI) entre 10 y 30, con un 25 por ciento que pasa el tamiz No. 200 de EE. UU., son altamente reactivos (Sánchez, 2018).

### **Mecánica de las reacciones del suelo calcáreo**

La reacción del suelo de cal no se entiende completamente. El potencial de contracción y expansión de las arcillas está claramente definido por la capa difusa. La reacción entre la cal, el agua y la arcilla ocurre con el intercambio catiónico, donde los cationes de calcio reemplazan a los cationes libres disponibles en el agua. Agregar cal al suelo crea una capa de agua más estable y difusa, cuyo tamaño se reduce drásticamente debido al intercambio catiónico. Una vez que el tamaño de la capa de agua disminuye, las partículas de arcilla se atraen más de cerca a través de la floculación. los suelos con tan solo un 7 por ciento que pasa el tamiz No. 200 y un PI de 8 se pueden estabilizar con cal. Los suelos que tengan índices de plasticidad superiores a 30 deben modificarse con cal hasta que el PI sea por lo menos 30 y luego estabilizarse con cemento. El pH de un suelo juega un papel importante en la estabilización. Los suelos que tienen un pH in situ de 7 o superior son más reactivos a la cal que los suelos con un pH inferior a 7. (Navarro et al., 2022)

### **Mecánica de las reacciones del suelo calcáreo**

La reacción del suelo de cal no se entiende completamente. El potencial de contracción y expansión de las arcillas está claramente definido por la capa difusa. La reacción entre la cal, el agua y la arcilla ocurre con el intercambio catiónico, donde los cationes de calcio reemplazan a los cationes libres disponibles en el agua. Agregar cal al suelo crea una capa de agua más estable y difusa, cuyo tamaño se reduce drásticamente debido al intercambio catiónico. Una vez que el tamaño de la capa de agua disminuye, las partículas de arcilla se atraen más de cerca a través de la floculación. (Delgado et al., 2021)

### **Cantidad de cal necesaria**

La cantidad de cal necesaria es del 4 al 6 por ciento, y depende del tipo de suelo. Cuanto peores sean los suelos, mayor porcentaje de cal se debe utilizar. La estabilización debe tener un mínimo de 15 cm de profundidad para suelos marginales; 20-23 cm para suelos pobres y 25-30 cm para los peores suelos.

(Salinas y Villao, 2019)

### **Resistencia**

En algunos suelos, se puede decir que el nivel general de resistencia disminuye al aumentar la humedad, pero para las arcillas, a medida que se secan, pueden aumentar la resistencia, y en este caso pueden ser más altas cuando la resistencia su temperatura sube a un nivel alto. En primer lugar, aclaremos que la resistencia de un terreno es su capacidad para soportar la carga que se le aplica sin deformarse. Quispe, (2021) Por tanto, la determinación de la resistencia de tierra se basa en medir la resistencia que ofrece el suelo ante un impacto a diferentes profundidades.(Correa y Polo, 2019)

### **Análisis granulométrico**

Es el estudio de la colocación estadística de los tamaños de una matriz de partículas de un sólido parcial o un líquido polifásico. Peña, (2018) El análisis de tamaño de partículas es un conjunto de procesos que determinan la distribución de tamaños de las partículas que componen la muestra.(Carolino, 2021).

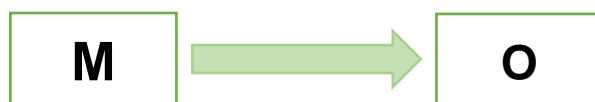
### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo aplicativo ya que fomenta la producción de conocimiento con aplicación directa a los inconvenientes a la sociedad por lo cual en la investigación se empleó ensayos de CBR que demostraran si la hipótesis es cierta o no, es importante aplicar este tipo de proyectos utilizando cal en la sub rasante de pavimento en el pasaje el Porvenir, sector el Parral – Jaén – Cajamarca.

El diseño de investigación es experimental ya que se considera al proceso que es someter a un solo individuo a un grupo de objetos, o diferentes estímulos, para observar el producto de las reacciones o efectos observadas. Asimismo, el proyecto presenta un nivel descriptivo por lo que se describirá porcentajes, resistencias, parámetros, cantidades todo ello expresados en intervalos o rangos que indica la norma peruana.

A continuación, visualizamos su forma de representación de la siguiente manera:



**M:** Es la representación de la muestra que empleara para el estudio

**O:** Son las mediciones de las variables de interés.

#### 3.2 Variables y Operacionalización

**Variable independiente:** Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando cal

##### **Definición conceptual**

Este es un método económico para reducir la plasticidad del suelo y aumentar la resistencia del suelo. El porcentaje de aditivo varía de 1 a 6% con relación al suelo seco del estabilizador, a este porcentaje es posible estabilizar la actividad de la arcilla, reducir el índice de plasticidad y

aumentar la resistencia.(Samamé, 2021)

#### **Definición operacional**

Se trata de añadir un producto químico o aplicar un tratamiento físico para cambiar las propiedades del suelo. Es una reparación de defectos para estabilizar el suelo o reducir la plasticidad del suelo.

#### **Variable dependiente: Sub rasante de pavimentos**

#### **Definición conceptual**

Para el pavimento, la capacidad de carga de la cimentación se determina usando el índice de soporte de California (CBR) con el objetivo de que permite evaluar la resistencia al corte de la muestra de prueba.(Samamé, 2021)

#### **Definición operacional**

Una vez que las muestras se recolectan explorando el suelo a través de pozos abiertos y se llevan al laboratorio, los ensayos se determinaran las propiedades físicas relacionadas con la estabilidad y capacidad portante de la subrasante.

### **3.3 Población y muestra**

**Población:** La población para la presente investigación está conformado por la sub rasante de pavimento en el pasaje el Porvenir, sector el Parral – Jaén – Cajamarca, con la finalidad de estabilizarlo empleando cal como estabilizador en 7%, 10% y 12%.

**Muestra:** Está conformada por la excavación de 03 Calicatas que constituyen la muestra, por lo cual se extrae una proporción del material del suelo en el pasaje el Porvenir, sector el Parral – Jaén – Cajamarca de tal modo que permita conocer las características de los suelos.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica utilizada en este estudio es de tipo observacional, enfocándose principalmente en los antecedentes obtenidos en campo y en laboratorio, los cuales luego fueron procesados y validados luego de un proceso

científico de planificación, planificación, control y verificación de estadísticas, datos de campo y pruebas de laboratorio para su procesamiento y sistematización.

**Técnicas:**

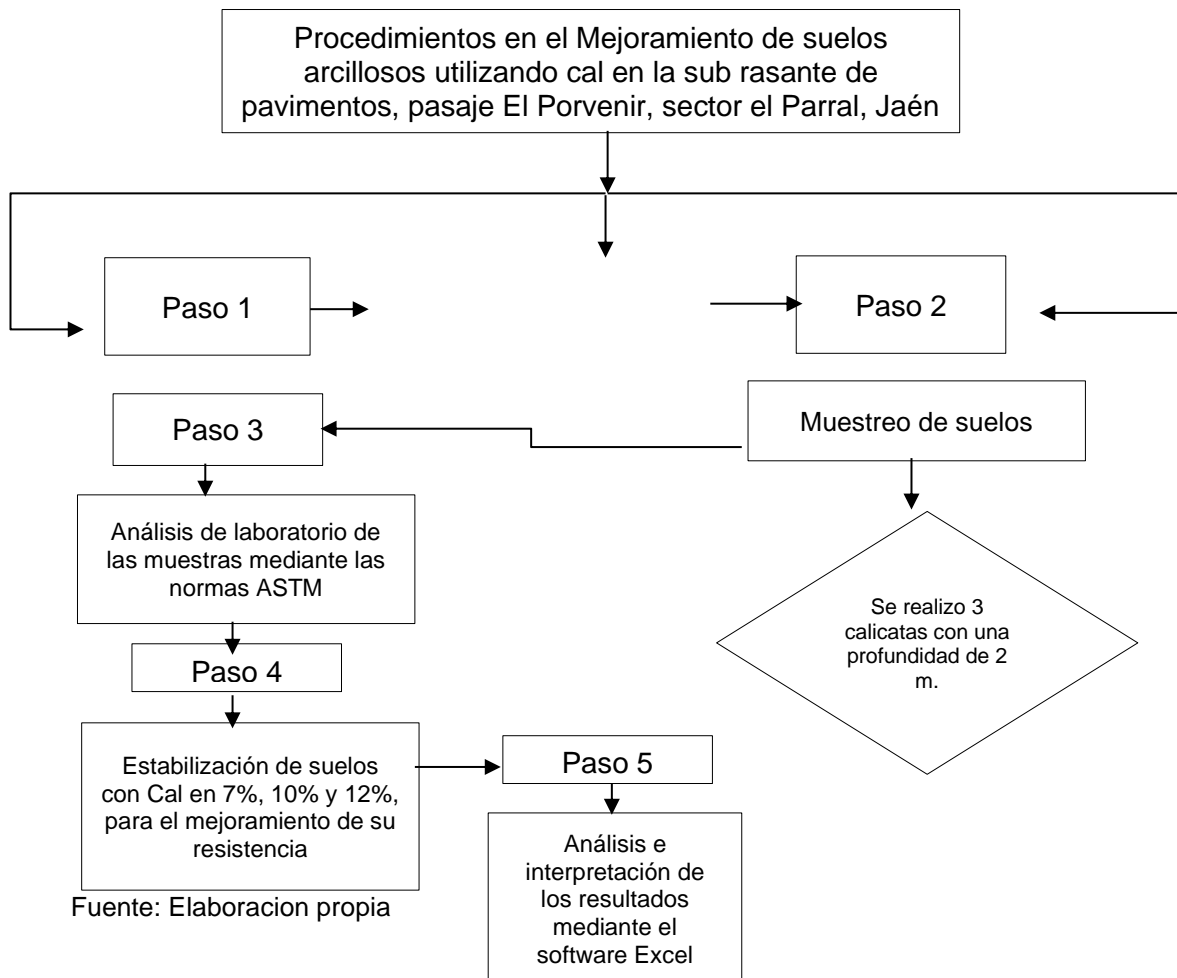
- ✓ Observación
- ✓ Estudios básicos de ingeniería
- ✓ Análisis del contenido

**Instrumentos:**

- ✓ Guía de observación
- ✓ Formatos de laboratorio
- ✓ Guía de análisis documental
- ✓ Reglamento nacional de edificaciones

**3.5 Procedimientos**

*Figura 2. Procedimientos*



### **3.6 Método de análisis de datos**

En el presente proyecto de investigación se encontró que los datos adjuntos provienen de los resultados de pruebas de laboratorio en mecánica de suelos, se utilizaron las afirmaciones del investigador para presentarlos en forma de tablas, cuadros, gráficos, etc.

### **3.7 Aspectos éticos**

Cabe señalar que el proyecto de investigación está basado en los valores y principios éticos que aporta, brindando fiabilidad y certeza de la información y los resultados obtenidos, lo cuales son fruto del trabajo de campo realizado en el pasaje el Porvenir, sector el Parral – Jaén – Cajamarca.



#### IV. RESULTADOS

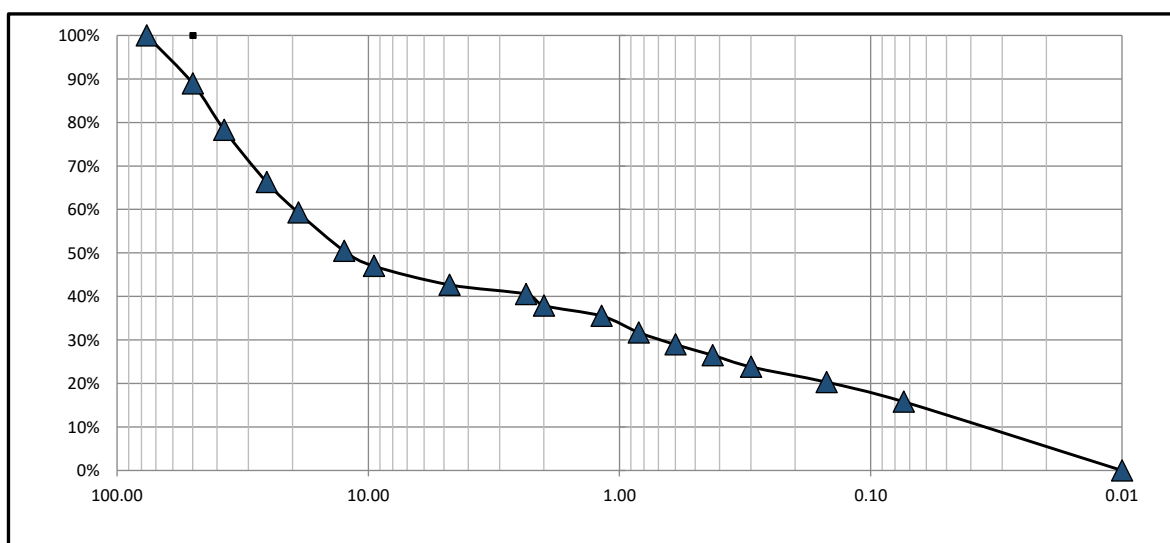
Clasificación de muestras de suelos mediante ensayos de granulometría, límites de Atterberg con el método AASTHO y SUCS

Tabla 4. Análisis granulométrico-Calicata I

Análisis granulométrico -Calicata I							
Tamiz	Abertura (mm)	Peso ret	% Ret parcial	% Ret Acumulado	% pasa	Características físicas	
3"	76.20	0	0.00	0.00	100.00%	GRAVAS (%)	57.33%
2"	50.00	157.1	11.02	11.02	88.98%	ARENAS (%)	26.87%
1 1/2"	37.50	152.0	10.66	21.68	78.32%	LIMOS Y ARCILLAS (%)	15.80%
1"	25.40	171.4	12.02	33.71	66.29%	PESO ESPECÍFICO	-
3/4"	19.00	100.0	7.01	40.72	59.28%	% HUMEDAD	8.51
1/2"	12.50	125.2	8.78	49.50	50.50%	% DE MAT. < #200	15.80
3/8"	9.50	50.2	3.52	53.03	46.97%	D60 =	-
Nº 4	4.75	61.3	4.30	57.33	42.67%	D10 =	-
Nº 8	2.36	30.5	2.14	59.46	40.54%	D30 =	-
Nº 10	2.00	37.5	2.63	62.10	37.90%	CU =	-
Nº 16	1.18	34.0	2.39	64.48	35.52%	CC =	-
Nº 20	0.84	54.0	3.79	68.27	31.73%	FECHA	AGOSTO DE 2022
Nº 30	0.60	39.7	2.78	71.05	28.95%	CLASIFICACIÓN SUCS	GM
Nº 40	0.43	35.1	2.46	73.51	26.49%	CLASIFICACIÓN AASHTO	-
Nº 50	0.30	38.2	2.68	76.19	23.81%		
Nº 100	0.15	50.0	3.51	79.70	20.30%		
Nº 200	0.07	64.1	4.50	84.20	15.80%		
Plato	0.01	225.3	15.80	100.00	0.0%		
Σ		1425.55	100				

**Nota:** En la presente tabla se realizó la granulometría de la calicata N°1.

Figura 3. Curva granulométrica I



**Nota:** En la presente figura se muestra la curva granulométrica de la calicata I

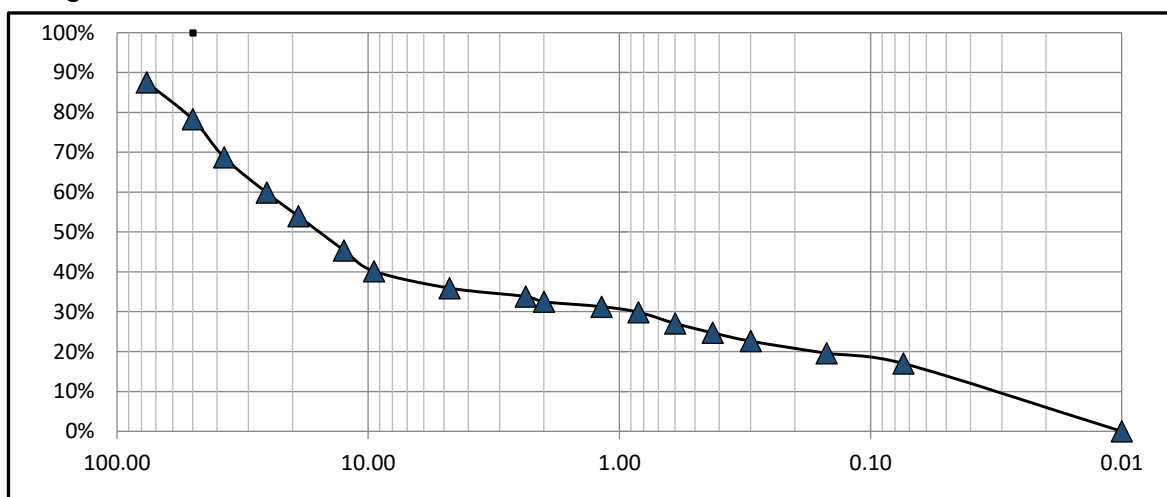
**Análisis.** Se puede apreciar en el gráfico que las cantidades de la muestra en porcentaje de material que pasan por los tamices se aprecian claramente que el material predominante según la clasificación SUCS es una GM (Grava limosa). Según la curva las partículas de la calicata contienen material fino en sus particulares al realizar la granulometría.

*Tabla 5. Análisis Granulométrico – Calicata II*

<i>Análisis Granulométrico – Calicata II</i>						
Tamiz	Abertura (mm)	Peso ret.	% Ret. Parcial	% Ret. Acumulado	% pasa	Características físicas
3"	76.20	207.1	12.45	12.45	87.5%	GRAVAS (%) 64.07%
2"	50.00	154.4	9.28	21.74	78.3%	ARENAS (%) 18.91%
1 1/2"	37.50	158.2	9.51	31.25	68.7%	LIMOS Y ARCILLAS 17.02%
1"	25.40	147.5	8.87	40.12	(%) 59.9%	PESO ESPECIFICO -
3/4"	19.00	98.0	5.89	46.01	54.0%	% HUMEDAD 10.00%
1/2"	12.50	142.6	8.58	54.59	45.4%	% ABSORCIÓN -
3/8"	9.50	87.0	5.23	59.82	40.2%	% DE MAT. < #200 17.02
Nº 4	4.75	70.7	4.25	64.07	35.9%	% ABRASION -
Nº 8	2.36	35.0	2.10	66.18	33.8%	D60 = -
Nº 10	2.00	22.0	1.32	67.50	32.5%	D10 = -
Nº 16	1.18	20.3	1.22	68.72	31.3%	D30 = -
Nº 20	0.84	23.2	1.40	70.11	29.9%	CU = -
Nº 30	0.60	47.0	2.83	72.94	27.1%	CC = -
Nº 40	0.43	39.0	2.35	75.29	24.7%	FECHA AGOSTO DEL 2022
Nº 50	0.30	35.0	2.10	77.39	22.6%	CLASIFICACION SUCS GM
Nº 100	0.15	50.0	3.01	80.40	19.6%	CLASIFICACION AASHTO -
Nº 200	0.07	43.0	2.59	82.98	17.0%	
Plato	0.01	283.0	17.02	100.00	0.0%	
	Σ	1662.97	100			

**Nota:** En la presente tabla se realizó la granulometría de la calicata N°2.

*Figura 4. Curva Granulométrica II*



**Nota:** En la presente figura se muestra la curva granulometría de la calicata II

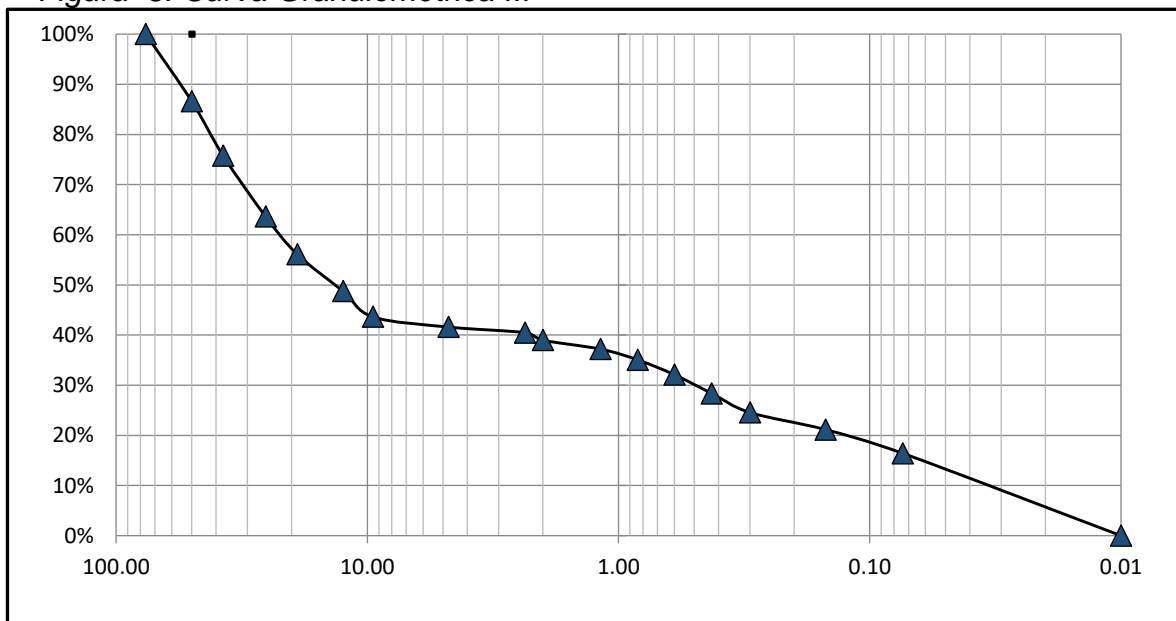
**Análisis.** Según la figura 3, se aprecia los valores porcentuales de 64.07% de gravas, arenas 18.91% y limos y arcillas de 17.02%. Siendo los valores predominantes los limos y arcillas de 17.02%.

Tabla 6. Análisis granulométrico – Calicata III

Análisis granulométrico – Calicata III						
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Ret.	% Ret. Parcial	% Ret. Acumulado	% Pasa	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
3"	76.20		0.00	0.00	100.0%	GRAVAS (%) 58.41%
2"	50.00	204	13.39	13.39	86.6%	ARENAS (%) 25.16%
1 1/2"	37.50	165.2	10.84	24.23	75.8%	LIMOS Y ARCILLAS (%) 16.42%
1"	25.40	185.0	12.14	36.36	63.6%	PESO ESPECIFICO -
3/4"	19.00	115.0	7.55	43.91	56.1%	% HUMEDAD 9.60%
1/2"	12.50	112.0	7.35	51.26	48.7%	% ABSORCIÓN -
3/8"	9.50	78.0	5.12	56.38	43.6%	% DE MAT. < #200 16.42
Nº 4	4.75	31.0	2.03	58.41	41.6%	% ABRASION -
Nº 8	2.36	17.0	1.12	59.53	40.5%	D60 = -
Nº 10	2.00	23.0	1.51	61.04	39.0%	D10 = -
Nº 16	1.18	27.0	1.77	62.81	37.2%	D30 = -
Nº 20	0.84	32.5	2.13	64.94	35.1%	CU = -
Nº 30	0.60	45.0	2.95	67.89	32.1%	CC = -
Nº 40	0.43	57.0	3.74	71.63	28.4%	FECHA AGOSTO DE 2022
Nº 50	0.30	58.0	3.81	75.44	24.6%	CLASIFICACION SUCS GM
Nº 100	0.15	52.0	3.41	78.85	21.1%	CLASIFICACION AASHTO -
Nº 200	0.07	72.0	4.72	83.58	16.4%	
Plato	0.01	250.3	16.42	100.00	0.0%	
	Σ	1524	100			

Nota: En la presente tabla se realizó la granulometría de la calicata N°3.

Figura 5. Curva Granulométrica III



Nota: En la presente figura se muestra la curva granulometría de la calicata III

**Análisis.** Según la figura 4, Se puede apreciar los valores porcentuales de 58.41% de gravas, arenas 25.16% y limos y arcillas de 16.42%. siendo el valor importante de esta figura para limos y arcillas de 16.42%. la cual es la predominante para establecer que es arcilloso

**Contenido de humedad y la densidad seca del suelo, mediante el ensayo de Proctor modificado**

*Tabla 7. Determinación del contenido de humedad de calicata- I*

Determinación del contenido de humedad de calicata- I			
PROCEDIMIENTO	Muestra	-	Muestra
	N.º 1	-	N.º 2
Peso M. Humedad + Tara	852.3	-	965.2
Peso M. Seca + Tara	589.6	-	587.5
Peso Cápsula	202.3	-	201.5
Peso de la Muestra seca	387.3	-	386.0
Peso del Agua	62.30	-	62.00
Humedad	0.1609	-	0.1606
% de Humedad Natural	16.09	-	16.06
% de Humedad Natural. Promedio	16.07		
Determinación del peso específico			
Procedimiento	Muestra	-	Muestra
	N.º 1	-	N.º 2
Peso Muestra Seca	77	-	77
Volumen Inicial del Agua	48	-	57.5
Volumen Agua + M. Seca	95	-	105
Diferencia de Volúmenes	47	-	47.5
Peso específico del Material	1.64	-	1.62
Peso específico del Agua	1.00	-	1.00
Peso específico del Material	1.64	-	1.62
Peso específico del Material, Promedio g/cm <sup>3</sup>	1.63		

**Nota:** En la presente tabla se muestra el contenido de humedad y la determinación del peso específico de la calicata I

Tabla 8. Determinación del contenido de humedad de la calicata II

Determinación del contenido de humedad de la calicata II			
Procedimiento	Muestra	-	Muestra
	N.º 1	-	N.º 2
Peso Húmeda + Tara	562.3	-	499.6
Peso M. Seca + Tara	497.8	-	441.6
Peso Cápsula	41.0	-	42.1
Peso de la Muestra seca	456.8	-	399.5
Peso del Agua	64.50	-	58.00
Humedad	0.1412	-	0.1452
% de Humedad Natural	14.12	-	14.52
% de Humedad Natural. Promedio	14.32		
Determinación del peso específico			
PROCEDIMIENTO	Muestra		Muestra
	N.º 1	-	N.º 2
Peso Muestra Seca	78.5	-	81.2
Volumen Inicial del Agua	50	-	50
Volumen Agua + M. Seca	97	-	99
Diferencia de volúmenes	47	-	49
Peso específico del Material	1.67	-	1.66
Peso específico del Agua	1.00	-	1.00
Peso específico del Material	1.67	-	1.66
Peso específico del Material, Promedio	1.66		
(g/cm <sup>3</sup> )			

**Nota:** En la presente tabla se muestra el contenido de humedad y la determinación del peso específico de la calicata II

Tabla 9. Determinación del contenido de humedad de calicata III

<i>Determinación del contenido de humedad de calicata III</i>			
PROCEDIMIENTO	Muestra	-	Muestra
	N.º 1	-	N.º 2
Peso Húmeda + Tara	652.3	-	625.8
Peso M. Seca + Tara	583.6	-	567.1
Peso Cápsula	201.2	-	203.0
Peso de la Muestra seca	382.4	-	364.1
Peso del Agua	68.70	-	58.70
Humedad	0.1797	-	0.1612
% de Humedad Natural	17.97	-	16.12
% de Humedad Natural.	17.04		
Promedio			
Determinación del peso específico Procedimiento	Muestra		Muestra
	N.º 1	-	N.º 2
Peso Muestra Seca	77	-	82
Volumen Inicial del Agua	48	-	55.2
Volumen Agua + M. Seca	95	-	105
Diferencia de Volúmenes	47	-	49.8
Peso específico del Material	1.64	-	1.65
Peso específico del Agua	1.00	-	1.00
Peso específico del Material	1.64	-	1.65
Peso específico del Material,	1.64		
Promedio			

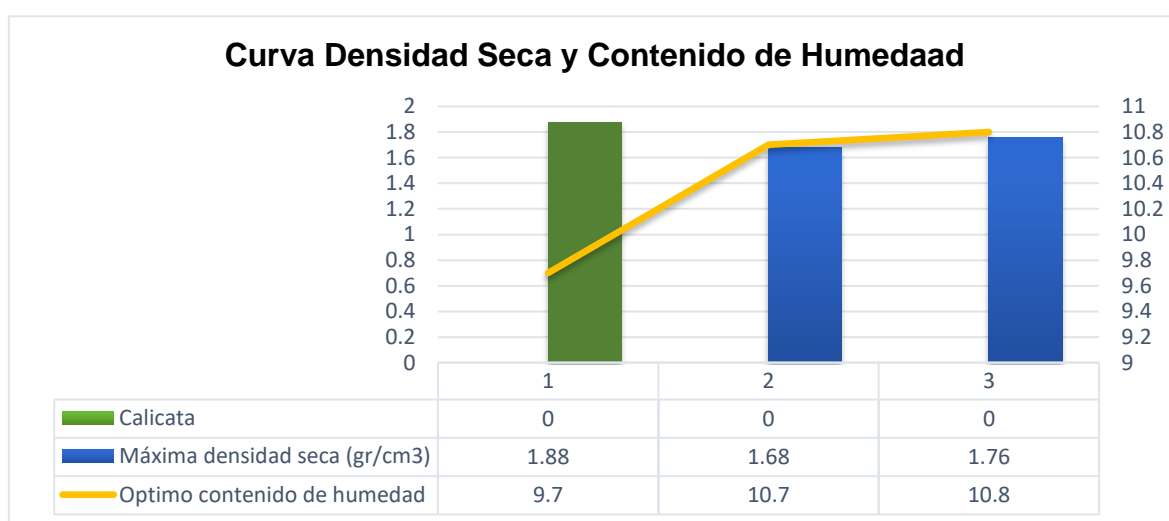
**Nota:** Se muestra el contenido de humedad y peso específico de la calicata III

Tabla 10. Resumen del ensayo Proctor

Resumen de ensayo Proctor		
Calicata	Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Optimo contenido de humedad
C-1	1.89	9.9
C-2	1.65	10.5
C-3	1.73	10.5

**Nota:** En la presente tabla se realizó el resumen de las calicatas de su densidad seca y Optimo contenido de humedad.

Figura 6. Densidad seca y contenido de humedad



**Nota:** En la presente grafica se muestra la curva de densidad seca y el contenido de humedad

**Análisis.** Según la figura 5, el contenido de humedad se obtuvo un porcentaje promedio de 10.5 % el cual se considera relativamente alto y el peso específico de material promedio fue de 1.73 g/cm<sup>3</sup> el cual se encuentra dentro del rango de acuerdo al tipo de suelo que se determinó. Lo cual se tiene que la máxima densidad seca de la primera calicata es de 1.89 gr/cm<sup>3</sup>, de la segunda calicata es de 1.65 gr/cm<sup>3</sup> y de la tercera calicata es de 1.73 gr/cm<sup>3</sup> y el contenido de humedad en la primera calicata de 9.9%, en la segunda calicata de 10.5% y la tercera calicata de 10.5%.

**Ensayo de Californian Bearing Ratio (CBR), de muestras del suelo en estudio en estado natural y con diferentes con los porcentajes de cal del 7%, 10% y 12%.**

Tabla 11. Resumen de CBR sin adición

Calicata	Muestra	Penetración 0.1"		Condición del ensayo
		100% M.D.S.%	95% M.D.S%	
C-1	M2	4.0	5.2	Saturado
C-2		5.7	6.0	
C-3		4.9	5.5	

**Nota:** En la presente tabla se muestra la penetración de 0.1" del CBR

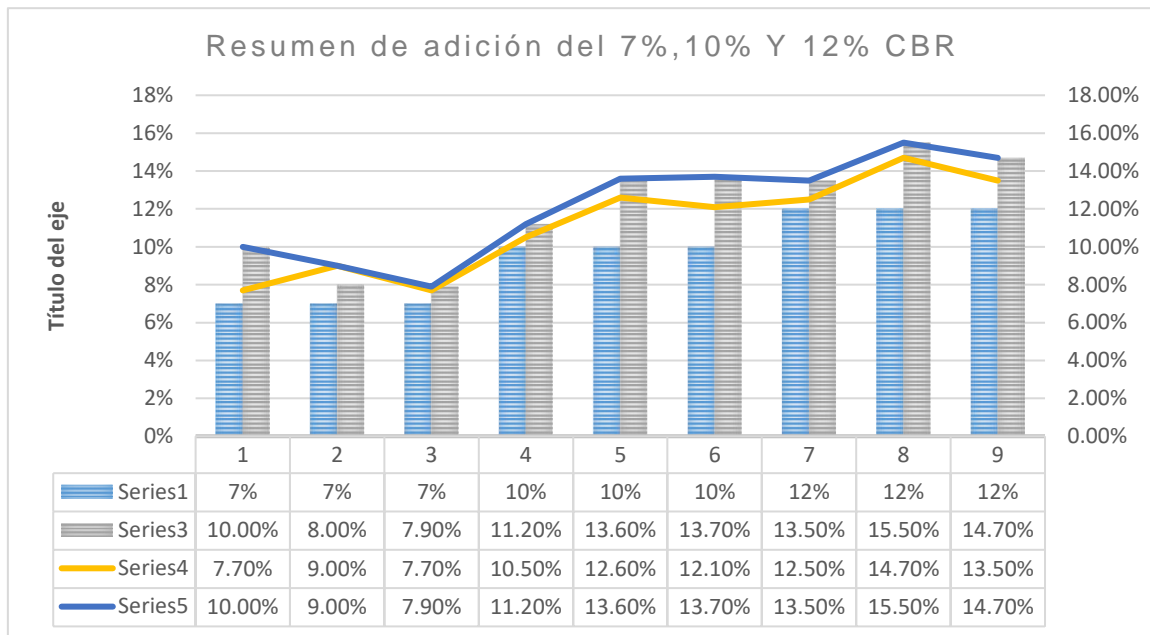
Tabla 12. Resumen de los ensayos con adición de 7%, 10% y 12% de cal en la subrasante

Adición	Penetración		CBR al 100%
	100%	95%	
7%	10.00%	7.70%	10.00%
7%	8.00%	9.00%	9.00%
7%	7.90%	7.70%	7.90%
10%	11.20%	10.50%	11.20%
10%	13.60%	12.60%	13.60%
10%	13.70%	12.10%	13.70%
12%	13.50%	12.50%	13.50%
12%	15.50%	14.70%	15.50%
12%	14.70%	13.50%	14.70%

**Nota:** En la presente tabla se muestran resultados favorables con la adición de proporciones de cal reciclado para el mejoramiento de la sub rasante en el ensayo de CBR



Figura 7. Resumen de ensayo de CBR con adición del 7% 10% 12% de cal



**Nota:** En la presente figura se muestra el resumen del ensayo de CBR con adición del 7% 10% y 12% de cal.

**Análisis.** Según la figura 6, se muestra el resumen donde se observa el porcentaje más alto sería de la 15.50% en el porcentaje de adición del 12%, la cual representa el más óptimo

## V. DISCUSIÓN

Según la figura 2 se evidencia en el análisis granulométrico en la calicata I que el material predominante que pasa por el tamiz es de una grava limosa, por lo tanto, este estudio sirve para conocer las propiedades y características del suelo, lo cual se observa que el promedio de gravas de 57.33%, arenas de 26.87% y limos y arcillas de 15.87%. En la calicata II se tiene un porcentaje de gravas de 64.07%, de arenas de 18.91% y limos y arcilla de 17.02%. En la calicata III se tienen los valores porcentuales de 58.41 % de gravas, arenas de 25.16% y arcillas de 16.42%. Por consiguiente se tiene relación a Pandey y Rabbani, (2018) donde cuyo objetivo principal de este estudio de investigación fue comparar la cal y el cemento como agentes estabilizadores de suelos de subrasante en la construcción de pavimentos, Donde concluye en su investigación sobre la cal que es el aditivo más utilizado, ya que forman productos cementales que unen las partículas de arcilla, reduciendo así la plasticidad, la contracción, el hinchamiento y mejorando las características de resistencia.

Según la figura 5, En la determinación del contenido de humedad y la densidad seca del suelo mediante el ensayo de Proctor modificado humedad se obtuvo un porcentaje promedio de 16.07% el cual se considera relativamente alto y el peso específico de material promedio fue de 1.63 g/cm<sup>3</sup> el cual se encuentra dentro del rango de acuerdo al tipo de suelo que se halló en la calicata I. En la calicata II el contenido de humedad se obtuvo un porcentaje promedio de 14.32% el cual se considera relativamente alto y el peso específico de material promedio fue de 1.66 g/cm<sup>3</sup> el cual se encuentra dentro del rango de acuerdo al tipo de suelo que se halló. En la calicata III se obtuvo un porcentaje promedio de 17.04% el cual se considera relativamente alto y el peso específico de material promedio fue de 1.64 g/cm<sup>3</sup> el cual se encuentra dentro del rango de acuerdo al tipo de suelo que se halló. En la máxima densidad seca en la calicata I se tiene 1.89gr/cm<sup>3</sup> y el óptimo contenido de humedad es de 9.9%, en la calicata II se tiene que la máxima densidad seca es de 1.65 gr/cm<sup>3</sup> y el óptimo contenido de humedad es de 10.5. En la calicata III se tiene una máxima

densidad seca de 1.73 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 10.5. En tal sentido lo afirma en su investigación Zumrawi y Hamza, (2018) Este artículo investiga las mejoras en las propiedades de los suelos expansivos, como subrasante de caminos estabilizados con cal y cenizas volantes en porcentajes variables. Se realizaron pruebas de laboratorio para estudiar las características de expansión y resistencia de los suelos expansivos estabilizados con cal, cenizas volantes y una combinación de ambos. Se agregaron cal y cenizas volantes por separado al suelo expansivo en rangos de 0-15% y 0-40%, respectivamente. Para la mezcla investigada de cenizas volantes de cal; la cantidad de cal añadida 5% y 8% combinada con el contenido de cenizas volantes 0%, 5% y 10%. Comparando los resultados obtenidos de las muestras naturales y tratadas, el CBR y el UCS de las muestras tratadas con cenizas volantes de cal aumentaron significativamente, junto con la reducción de la hinchazón, dependiendo del contenido de aditivos. La estabilización de suelos expansivos de subrasante mediante una mezcla de cal y cenizas volantes es exitosa y más económica.

Según la figura 6, En el ensayo de Californian Bearing Ratio (CBR), de muestras del suelo en estudio en estado natural y con diferentes con los porcentajes de cal del 7%, 10% y 12%. En la calicata 1 se tiene una penetración al 0.1" al 100% de 4.0% y al 95% de 5.2%. En la calicata 2 se tiene al 100% una penetración al 0.1" de 5.7% y al 95% de 6.0%. En la calicata 3 se tiene un 100% de penetración de 4.9 y al 95% de 5.5%. En la adición del 12% de cal en la subrasante muestra resultados favorables en relación al 12% teniendo al 100% de penetración de 13.50% y 15.50% y 14.70%. Tiene relación a la investigación de Estefanero y Arque, (2021) Por cual en sus resultados se ha conseguido la dosificación de suelos calcáreos que asegura el mayor confort económico y facilidad de estabilización, pudiendo ser utilizados sobre base, cimentación o base de paramentos articulados. Debido a la mejora positiva en la resistencia del sustrato granular, se puede minimizar el daño al pavimento articulado. Donde finalmente se ha comprobado que la proporción de cal aumenta la estabilidad en los suelos, y no solo en las arcillas, como nos ha contado toda la literatura sobre los beneficios de las arcillas.

## VI. CONCLUSIONES

- 1) Realizado el análisis de sus propiedades físicas con el ensayo de granulométrico en el porcentaje de gravas se obtuvo un 57.33%, arenas de 26.87% y limos y arcillas de 15.80% de la calicata I, asimismo en la calicata II se tiene un porcentaje de gravas del 64.07%, de arenas de 18.91% y de limos y arcillas de 17.02%, de la calicata III se obtuvo un porcentaje en gravas de 54.41%, en arenas de 25.16% y limos y arcillas de 16.42%.
- 2) Se determinó en el ensayo Proctor modificado su máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad donde en la calicata C-1 se obtuvo una máxima densidad seca de 1.89 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 9.9, en la Calicata C-2: la máxima densidad de 1.65 gr/cm<sup>3</sup> y el óptimo contenido de humedad de 10.5, por último, en la calicata C-3 se obtuvo una máx. Densidad seca de 1.73 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad de 10.5.
- 3) De los estudios realizados se comprobó que con una adición de cal del 12% al suelo natural el CBR incremento, esto significa que el nuevo valor de CBR al 100% de la MDS para este suelo estabilizado fue de 15.50%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 1) Se recomienda verificar las propiedades mecánicas del suelo antes de adicionar el aditivo esto ayudara a obtener mejores resultados en relación a la durabilidad y resistencia del suelo estabilizado.
- 2) Al emplear el aditivo cal se tiene que tener en consideración las dosificaciones establecidas y respetar las especificaciones técnicas y respetar los parámetros para brindar una mejor eficiencia en la superficie de rodadura.
- 3) Se recomienda no empelar estos resultados de evaluación de la presente investigación en terrenos similares y en necesario y fundamental hacer propias evaluaciones de cada material de acuerdo al terreno a estudiar.

## REFERENCIAS

- Antolí., N. (2014). El Plan de Accesibilidad: un marco de ordenación de las actuaciones públicas para la eliminación de barreras. En N. Antolí., & 1. e. 2002 (Ed.), El Plan de Accesibilidad: un marco de ordenación de las actuaciones públicas para la eliminación de barreras (pág. 341). Barcelona: Instituto de Migraciones y Servicios Sociales (IMSERSO).
- Becerra, S. M. (2012). Tópicos de Pavimentos de Concreto. En Becerra, Tópicos de pavimentos de concreto. Perú, Perú. Recuperado el 13 de julio de 2018, de <https://es.scribd.com/document/249786256/Pavimentos-de-Concreto>: <https://es.scribd.com/document/249786256/Pavimentos-de-Concreto>
- Brazales, H. D. (2016). Estimación de costos de construcción por kilómetro de vía, considerando las variables propias de cada región. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador. Recuperado el 2 de julio de 2018, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11071/tesis%20Diego%20Brazales%20DEFINITIVA%2012-02-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cajaruro, M. D. (2018). "Mejoramiento del camino vecinal Naranjitos, La Libertad, El Triunfo, El Tesoro, Madre de Dios, Cruce Sirumbache, Distrito de Cajaruro, Utcubamba, Amazonas". Cajaruro, Utcubamba, Region Amazonas.
- Chura, Z. F. (2014). Mejoramiento de la Infraestructura Vial a nivel de Pavimento Flexible de la Avenida Simón Bolívar de la Ciudad de ARAPA – Provincia de Azángaro - Puno. Tesis, Puno. Recuperado el 21 de 06 de 2018, de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1951/Chura\\_Zea\\_Fred\\_y\\_Aurelio.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1951/Chura_Zea_Fred_y_Aurelio.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Colegio de Ingenieros del Perú. (2018). <http://www.cip.org.pe/>. Recuperado el 01 de julio de 2018, de <http://cdlima.org.pe/wp-content/uploads/2018/04/C%C3%93DIGO-DE-%C3%89TICA-REVISI%C3%93N-2018.pdf>
- Cruzado, A. M., & Tenorio, C. A. (02 de junio de 2018). (R. N. Sánchez Vega, Entrevistador)
- Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones. (11 de marzo de 2017). Asociación de Transportistas de diversos Distritos de Rodríguez de Mendoza

hicieron una protesta por el mal estado de las carreteras. Recuperado el 12 de julio de 2018, de Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Amazonas.

El País. (23 de mayo de 2018). Infraestructura: puente y vía para el desarrollo. (E. País, Ed.) América Latina y el Caribe necesita multiplicar su inversión en edificaciones para suplir el retraso y las deficiencias actuales. Recuperado el 20 de junio de 2018, de [https://elpais.com/elpais/2018/05/18/planeta\\_futuro/1526649693\\_551565.html](https://elpais.com/elpais/2018/05/18/planeta_futuro/1526649693_551565.html)

Esfera Radio. (27 de octubre de 2016). Avanza asfaltado de carretera a Lonya Grande. Recuperado el 25 de junio de 2018, de Avanza asfaltado de carretera a Lonya Grande: <http://www.esferaradio.net/noticias/avanza-asfaltado-de-carretera-a-lonya-grande/>

Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2014). Metodología de la Investigación (Sexta ed.). México: McGrawHill. Recuperado el 20 de junio de 2018, de [file:///C:/Users/Stany/Downloads/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20-sampieri-%206ta%20EDICION%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Stany/Downloads/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20-sampieri-%206ta%20EDICION%20(1).pdf)

Innovación en Ingeniería. (19 de Julio de 2016). Diseño de la carretera San Bartolo, Maraypata, Agua Santa, Distrito de Santo Tomas- Provincia de Luya - Amazonas. Revista de Investigación de Estudiantes de Ingeniería, 1(1), 6. Recuperado el 25 de junio de 2018, de <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INNOVACION/article/view/884/690>

Jesús, H. G. (2011). ACCESIBILIDAD UNIVERSAL Y DISEÑO PARA TODOS. En H. G. Jesús, & E. d. Arquitectura (Ed.), ACCESIBILIDAD UNIVERSAL Y DISEÑO PARA TODOS (pág. 272). Madrid: 1a edición junio 2011. Recuperado el 25 de 07 de 2018

Koenig, L. A., Zehnpfennig, Z. M., & Luis, F. P. (2012). Fundamentos de Topografía. Paraná, Brasil: Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Universidade Federal do Paraná. Recuperado el 14 de julio de 2018, de [file:///C:/Users/Natalí/Downloads/FUNDAMENTOS%20DE%20TOPOGRAFIA%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Natalí/Downloads/FUNDAMENTOS%20DE%20TOPOGRAFIA%20(1).pdf)

- La Secretaría de Tránsito y Seguridad Vial. (31 de Julio de 2018). [http://www.barranquilla.gov.co/transito/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5507&Itemid=12](http://www.barranquilla.gov.co/transito/index.php?option=com_content&view=article&id=5507&Itemid=12). Recuperado el 28 de Julio de 2018, de [http://www.barranquilla.gov.co/transito/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5507&Itemid=12](http://www.barranquilla.gov.co/transito/index.php?option=com_content&view=article&id=5507&Itemid=12):  
[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:52bPZyl\\_pHUJ:www.barranquilla.gov.co/transito/index.php%3Foption%3Dcom\\_content%26view%3Darticle%26id%3D5507%26Itemid%3D12+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:52bPZyl_pHUJ:www.barranquilla.gov.co/transito/index.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D5507%26Itemid%3D12+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe)
- M. Miranda, A. V. (08 de enero de 2017). El 60% de los caminos en Chile no está pavimentado y regiones VIII y IX lideran déficit. (La tercera) Recuperado el 20 de junio de 2018, de El 60% de los caminos en Chile no está pavimentado y regiones VIII y IX lideran déficit: <http://www2.latercera.com/noticia/60-los-caminos-chile-no-esta-pavimentado-regiones-viii-ix-lideran-deficit/>
- Metrados para Obras de Edificaciones. (2015). Norma Técnica (Segunda ed.). Lima, Perú: Macro. Recuperado el 13 de julio de 2018
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (enero de 2018). Glosario de términos. Obtenido de Glosario de Términos de uso frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_4032.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG. Lima. Recuperado el 05 de agosto de 2018, de <https://es.slideshare.net/castilloaroni/manual-de-carreteras-diseo-geomtrico-dg2018>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/12636.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/12636.pdf). Recuperado el 31 de julio de 2018, de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/12636.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/12636.pdf):  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/12636.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/12636.pdf)
- Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento. (2018). <http://www3.vivienda.gob.pe/oggrh/Documentos/Personal/RSG-024-2018-VIVIENDA-SG%20-%20PDP%202018%20MVCS.pdf>. Recuperado el 31 de julio de 2018, de <http://www3.vivienda.gob.pe/oggrh/Documentos/Personal/RSG-024-2018->



VIVIENDA-SG%20-%20PDP%202018%20MVCS.pdf:

<http://www3.vivienda.gob.pe/oggrh/Documentos/Personal/RSG-024-2018-VIVIENDA-SG%20-%20PDP%202018%20MVCS.pdf>

Miñano, A. M. (2017). Diseño de la Carretera Cruce Huamanmarca – Loma Linda, Distrito de Mache, Provincia Otuzco, Departamento La Libertad. Tesis, Universidad Cesar Vallejo, Trujillo. Recuperado el 13 de julio de 2018

Municipalidad Distrital de Cajaro. (2018). <http://municajaruro.gob.pe/>. Obtenido de <http://municajaruro.gob.pe/>.

Municipalidad Distrital de Cajaro. (2018). <https://www.deperu.com/gobierno/municipalidad/municipalidad-distrital-de-cajaruro-utcubamba-3535>. Obtenido de <https://www.deperu.com/gobierno/municipalidad/municipalidad-distrital-de-cajaruro-utcubamba-3535>: <https://www.deperu.com/gobierno/municipalidad/municipalidad-distrital-de-cajaruro-utcubamba-3535>

Municipalidad Provincial de Moquegua. (25 de abril de 2018). Construcción de la interconexión vial entre el Centro Poblado de Chen Chen y Centro Poblado de San Antonio. (MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE MOQUEGUA) Recuperado el 15 de JUNIO de 2018, de Construcción de la interconexión vial entre el Centro Poblado de Chen Chen y Centro Poblado de San Antonio: <http://www.munimoquegua.gob.pe/noticia/alcalde-busca-financiamiento-para-construccion-de-la-interconexion-vial-entre-el-centro>

Ninaraqui, T. C. (2016). DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL BAJO EL ENFOQUE DEL PMBOK® - QUINTA EDICIÓN. Tesis, Moquegua. Recuperado el 10 de 05 de 2018, de [http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/100/Tony\\_Tesis\\_titulo\\_2\\_016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/100/Tony_Tesis_titulo_2_016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Red de Comunicación Regional. (05 de enero de 2018). Cajamarca solo tiene dos carreteras asfaltadas mientras el resto de vías están Afirmadas. (RCR (Red de comunicación regional)) Recuperado el 15 de junio de 2018, de Cajamarca solo tiene dos carreteras asfaltadas mientras el resto de vías están Afirmadas: <https://rcrperu.com/cajamarca-solo-tiene-dos-carreteras-asfaltadas-mientras-el-resto-de-vias-estan-afirmadas/>

- República. (22 de abril de 2018). Carreteras en provincias carecen de mantenimiento y pueden causar accidentes. República, 15. Recuperado el 24 de julio de 2018, de <https://larepublica.pe/sociedad/1230895-carreteras-en-provincias-carecen-de-mantenimiento-y-pueden-causar-accidentes>
- Revista Vial. (01 de marzo de 2018). Los caminos rurales en la Provincia de Buenos Aires. Vial. Recuperado el 10 de junio de 2018, de Deficiencias en la infraestructura vial: <http://revistavial.com/los-caminos-rurales-en-la-provincia-de-buenos-aires/>
- Rojas, M. (05 de diciembre de 2016). República Bolivariana de Venezuela: Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria. Recuperado el 07 de agosto de 2018, de <https://es.scribd.com/document/333230187/Criterios-y-Normas-Para-El-Diseño-de-Pavimento>
- Salamanca, N. M., & Zuluaga, B. S. (2014). Diseño de la Estructura de Pavimento Flexible por medio de los Métodos Invias, Aashto 93 E Instituto del Asfalto para la Vía la Ye. Tesis, Universidad Católica de Colombia, Colombia, Bogotá. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Diseño-estructura-pavimento-flexible-Aashto-Invias-Instituto-Asfalto-Barranca\_Lebrija%20(3).pdf
- Sánchez, V. N. (2018). Recuperado el 18 de 05 de 2018
- Suarez, R. C., & Vera, T. A. (2015). ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA EL SALADO MANANTIAL DE GUANGALA DEL CANTÓN SANTA ELENA. Tesis, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. Recuperado el 15 de junio de 2018, de <http://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/2273/UPSE-TIC-2015-010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Supo. (2013). Diseño de Pavimentos. En Supo, Diseño de Pavimentos (pág. 2y7). Perú, Perú: Universidad Andina Néstor Cacedes. Recuperado el 28 de julio de 2018, de file:///C:/Users/Rusbel/Downloads/UD\_I%20INTRODUCCION%20AL%20DISEÑO%20ESTRUCTURAL%20DE%20PAVIMENTOS%20v2013-2.pdf: file:///C:/Users/Rusbel/Downloads/UD\_I%20INTRODUCCION%20AL%20DISEÑO%20ESTRUCTURAL%20DE%20PAVIMENTOS%20v2013-2.pdf

Universidad César Vallejo. (2015). <https://www.ucv.edu.pe/>. Obtenido de <https://www.ucv.edu.pe/>.

Universidad César Vallejo. (2017). <https://www.ucv.edu.pe>. Recuperado el 01 de julio de 2018, de <https://www.ucv.edu.pe/datafiles/C%C3%93DIGO%20DE%20%C3%89TICA.pdf>

zarate, G. M. (2016). Modelo de Gestión de Conservación Vial para Reducir Costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular del Camino Vecinal. Tesis, Trujillo. Recuperado el 04 de 05 de 2018, de [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2544/1/RE\\_MAEST\\_ING\\_GIOVANA.ZARATE\\_MODELO.DE.GESTION.DE.CONSERVACION.VIAL.PAR.A.REDUCIR.COSTOS\\_DATOS.PDF](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2544/1/RE_MAEST_ING_GIOVANA.ZARATE_MODELO.DE.GESTION.DE.CONSERVACION.VIAL.PAR.A.REDUCIR.COSTOS_DATOS.PDF)

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Matriz de consistencia de variables					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escalda de medición
<b>Variable Independiente:</b> Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando cal	Este es un método económico para reducir la plasticidad del suelo y aumentar la resistencia del suelo. El porcentaje de aditivo varía de 1 a 6% con relación al suelo seco del estabilizador, a este porcentaje es posible estabilizar la actividad de la arcilla, reducir el índice de plasticidad y aumentar la resistencia. (Samamé, 2021)	Se trata de añadir un producto químico o aplicar un tratamiento físico para cambiar las propiedades del suelo. Es una reparación de defectos para estabilizar el suelo o reducir la plasticidad del suelo.	Propiedades físicas	Granulometría Peso específico Contenido de humedad	Ordinal
			Porcentaje de dosificación	Proporción de 7%, 10% y 12%	
<b>Variable Dependiente:</b> Sub rasante de pavimentos	Para el pavimento, la capacidad de carga de la cimentación se determina usando el índice de soporte de California (CBR) con el objetivo de que permite evaluar la resistencia al corte de la muestra de prueba. (Samamé, 2021).	Una vez que las muestras se recolectan explorando el suelo a través de pozos abiertos y se llevan al laboratorio, los ensayos se determinaran las propiedades físicas relacionadas con la estabilidad y capacidad portante de la subrasante.	Proctor modificado	Máxima densidad seca Optimo contenido de humedad	Ordinal
			CBR	Excavación de calicatas con adicción de 7% 10% y 12%	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Matriz de consistencia

<b>Problema general</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Metodología</b>
¿Cuál será el comportamiento de la estabilización de suelos arcillosos utilizando cal en la sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector El Parral, Jaén, Cajamarca?	Mejorar la capacidad de soporte de la sub rasante de pavimentos mediante la estabilización de suelos utilizando cal en la subrasante del pavimento, pasaje El Porvenir, sector El Parral, Jaén, Cajamarca	Si la utilización de la cal entonces permitirá mejorar la capacidad portante en la sub rasante de pavimentos en el pasaje el Porvenir, sector el Parral, Jaén, Cajamarca 2022.	V1: Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando cal.  V2: Sub rasante de pavimentos	Propiedades físicas  Porcentaje de dosificación  Proctor modificado          CBR	Granulometría Peso específico Contenido de humedad  Proporción de 7%, 10% y 12%  Máxima densidad seca Optimo contenido de humedad  Excavación de calicatas con adicción de 7% 10% y 12%	La investigación es experimental, su método es cuantitativa de tipo descriptivo-aplicativo

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 3. Estudio de suelos



**F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C.**  
SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES



calibrado con  
patrones de  
**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**Fecha de Inspección:** 2022-02-24  
**Próxima calibración:** 2022-08-24  
**No. de Certificado** 213-621916aa6caa2  
Servicio Técnico Autorizado  
**Teléfono:** 016064021

**Product :** Estacion total  
**Marca :** TOPCON  
**Modelo :** OS-205  
**No. de Serie :** SA000956



Precisión Angular:  $\pm 5''$   
Lectura mínima:  $1.0''$   
Precisión de distancia: Prisma: 1.5 mm + 2 ppm Sin Prisma: 2 mm + 2 ppm  
Alcance a diana reflectante (60 mm x 60 mm): 500 m  
Alcance: 6 km m.c/01 prisma - No prisma: 1.0 km  
Lectura mínima: 1mm

Para controlar y calibrar este instrumento se contrasta con un colimador original South con telescopio de 36x en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos esta dentro de  $1''$  que es patronado periódicamente por una Estación total Leica modelo Ts09 precisión al 1 segundo con el método de lectura Directa-Inversa y refrendado con un colimador original Leica de modelo DNA.

El procedimiento de calibración para las medidas longitudinales se sujeta al uso del patrón del dispositivo DISTO D1 con Número de Serie 2072801619 cuyo certificado de calibración fué otorgado a nuestra empresa por la entidad INACAL con fecha 14 de Octubre del 2021 y con numero de documento LGD - 018 - 2021.

TEMPERATURA DE LABORATORIO	HUMEDAD RELATIVA LABORATORIO	PRES. ATM
18°C	2%	38mmHg

MEDICIONES DE PATRON	MEDICIONES ANGULARES DIF
ANG. HZ: 00°00'00" / 180°00'00"	00°00'00" / 180°00'00" 00"
ANG. V: 90°00'00" / 270°00'00"	90°00'00" / 270°00'00" 00"
INCERTIDUMBRE : ANGULARES +/- 02" Distancias +/- 02mm	



José Melendez





**CALITEST S.A.C.**

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CON  
TRAZABILIDAD AL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° V0222007

Expediente : N° 0046-2022  
Fecha de Emisión : 2022-04-19

Página 1 de 2

**1. SOLICITANTE**

**DIRECCIÓN** : CAL. HIPOLITO UNANUE NRO. 109 URB. SANTA BEATRIZ (FRENTE A CEVICHERIA SON Y MAR) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

El equipo de medición especificado en este documento ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la dirección de Metrología del INACAL y otros.

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : Prensa CBR con Sistema Digital

**Prensa**  
**Marca** : PALIO  
**Modelo** : PE7026.2  
**Número de Serie** : 0422003

Los resultados sólo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

**Celda de Carga**  
**Marca** : MAVIN  
**Modelo** : HE9701110  
**Número de Serie** : No indica  
**Capacidad** : 5 T

CALITEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**Indicador digital**

**Marca** : HIGH WEIGHT  
**Modelo** : No indica  
**Número de Serie** : No indica  
**Unidad** : kg

**Procedencia** : PERÚ  
**Identificación** : No indica  
**Ubicación** : Instalaciones de CALITEST S.A.C.

**3. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN**

**Fecha** : 2021-09-04  
**Lugar** : Laboratorio de CALITEST S.A.C.

**4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

El procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-01 y la Norma NTP ISO/IEC 17025:2017, Se aplicaron tres series de carga a la celda mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23.4	24.8
Humedad Relativa (%)	64	60

Sello

Laboratorio de Metrología



**CALITEST S.A.C.**



**CALITEST SAC**  
ING. GIANMARCO ANDRÉ MESTAS PIZANGO  
CIP: 256285  
JEFE DE LABORATORIO

Tco. ARMANDO JUNIOR PIZANGO MOZOMBITE  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGÍA

FEI-02 Rev00 Elaborado:PFSP Revisado:GAMP Aprobado:AJPM

DIRECCIÓN FISCAL: CAL. JANGAS N° 628, BREÑA - LIMA - LIMA

Tel.: 562 8972 Cel.: 925076321 / E-mail: servicios@calitestsac.com , certificados@calitestsac.com / Web: calitestsac.com

**PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO**



**CALITEST S.A.C.**

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CON  
TRAZABILIDAD AL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° V0222007

Página 2 de 2

**6. TRAZABILIDAD**

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Celda de Carga 5 TN	L0221081

**7. OBSERVACIONES**

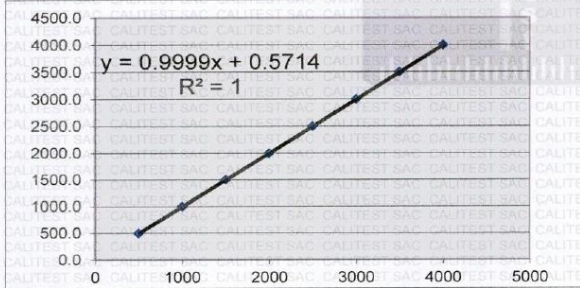
No presenta ninguna observación.

**8. RESULTADO DE MEDICIÓN**

TABLA N° 01

SISTEMA DIGITAL	SERIES DE VERIFICACIÓN				PROMEDIO	ERROR	RPTBLD
	Serie (1)	Serie (2)	Error (1)	Error (2)			
"A"	kg	kg	%	%	"B"	Ep	Rp
500	501	500	0.2	0	500.5	0.1	0.1
1000	1002	1001	0.2	0.1	1001.5	0.15	0.1
1500	1500	1500	0	0	1500.0	0	0.0
2000	1999	2000	-0.05	0	1999.5	-0.025	0.0
2500	2500	2500	0	0	2500.0	0	0.0
3000	3002	3001	0.07	0.03	3001.5	0.05	0.0
3500	3500	3500	0	0	3500.0	0	0.0
4000	4001	4000	0.03	0	4000.5	0.0125	0.0

GRAFICO N° 01



**NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN**

1. - La Calibración se hizo según el Método C de la norma ASTM E4-01.
2. - Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$   
 $Rp = Error(2) - Error(1)$
3. - La norma exige que Ep y Rp no excedan el  $\pm 1.0\%$ .

Coefficiente Correlación:  
 $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste:  
 $y = 0.9999x + 0.5714$

x : Lectura de la pantalla (kg)  
y : Fuerza promedio (kg)



Laboratorio de Metrología

**CALITEST S.A.C.**

Tco. ARMANDO JUNIOR PIZANGO MOZOMBITE  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGÍA



**CALITEST SAC**  
Ing. GIANMARCO ANDRÉ  
MESTAS PIZANGO  
C.P. 256285  
JEFE DE LABORATORIO

FEI-02

Rev00

Elaborado:PFSP

Revisado:GAMP

Aprobado:AJPM

DIRECCIÓN FISCAL: CAL JANGAS N° 628, BREÑA - LIMA - LIMA

Tel.: 562 8972 Cel.: 925076321 / E-mail: servicios@calitestsac.com, certificados@calitestsac.com / Web: calitestsac.com

**PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO**





## Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

**F-390**

Calibration Certificate - Laboratory of Force

Page / Pág. 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	PRENSA PARA ENSAYO DE CONCRETO	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PC-42	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	492	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	NO INDICA	
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	1000 kN	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	F & M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	CAL. HIPOLITO UNANUE NRO 109 URB SANTA BEATRIZ - JAÉN	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	JAÉN	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2021 - 03 - 22	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 03 - 24	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

### Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

**Felix Jaramillo Castillo**  
Responsable Laboratorio de Metrología

LMPC05F-01 R123

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #1038-72 | PBX: 57 (1) 745 4555 - 3174233540 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





**DATOS TÉCNICOS**

Máquina de Ensayo Bajo Calibración		Instrumento(s) de Referencia	
<b>Clase</b>	1,0	<b>Instrumento</b>	Transductor de Fuerza de 1 MN
<b>Dirección de Carga</b>	Compresión	<b>Modelo</b>	KAL 1MN
<b>Tipo de Indicación</b>	Digital	<b>Clase</b>	0,5
<b>División de Escala</b>	0,1 kN	<b>Número de Serie</b>	911250
<b>Resolución</b>	0,1 kN	<b>Certificado de Calibración</b>	5047 del INM
<b>Intervalo de Medición Calibrado</b>	Del 20 % al 100 % de la carga máxima.	<b>Próxima Calibración</b>	2023-02-03
<b>Límite Inferior de la Escala</b>	20 kN		

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

**Tabla 1.**  
Indicaciones como se entrega la máquina

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					
	S <sub>1</sub> Ascendente kN	S <sub>2</sub> Ascendente kN	S <sub>2</sub> ' No Aplica ----	S <sub>3</sub> Ascendente kN	S <sub>4</sub> No Aplica ----	Promedio S <sub>1,2 y 3</sub> kN
20	200,0	200,10	200,18	200,21	----	200,16
30	300,0	300,45	300,11	300,36	----	300,31
40	400,0	400,30	400,27	400,81	----	400,46
50	500,0	500,65	500,35	500,36	----	500,45
60	600,0	600,50	600,71	600,91	----	600,71
70	700,0	700,60	700,60	700,40	----	700,53
80	800,0	800,10	800,85	800,08	----	800,34
90	900,0	900,40	900,56	900,33	----	900,43
100	1 000,0	1 000,2	1 000,1	1 000,6	----	1 000,3

LM-PC-05-F-01 R12.3





**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 2.**

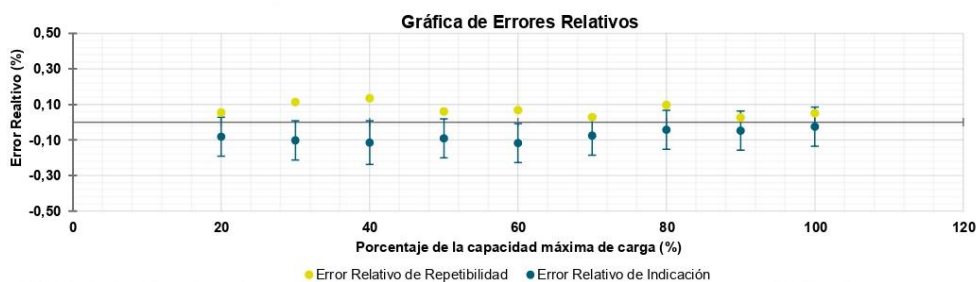
Error realtivo de cero,  $f_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

$f_{0,S1}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S2'}$ %	$f_{0,S3}$ %	$f_{0,S4}$ %
0,010	0,020	---	0,010	---

**Tabla 3.**

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC	Indicación	Errores Relativos			Resolución	Incertidumbre		$k_{p=95\%}$
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Relativa	Expandida		
%	kN	q %	b %	v %	a %	U kN	%	----
20	200,00	-0,08	0,06	---	0,050	0,22	0,11	2,02
30	300,00	-0,10	0,11	---	0,033	0,33	0,11	2,01
40	400,00	-0,12	0,14	---	0,025	0,49	0,12	2,01
50	500,00	-0,09	0,06	---	0,020	0,55	0,11	2,01
60	600,00	-0,12	0,07	---	0,017	0,66	0,11	2,01
70	700,00	-0,08	0,03	---	0,014	0,77	0,11	2,01
80	800,00	-0,04	0,10	---	0,013	0,88	0,11	2,01
90	900,00	-0,05	0,03	---	0,011	0,99	0,11	2,01
100	1 000,0	-0,03	0,05	---	0,010	1,1	0,11	2,02



**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la Calibración fue LABORATORIO de la empresa PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU ubicada en LIMA. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 20,7 °C  
Humedad Relativa Máxima: 64 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 20,5 °C  
Humedad Relativa Mínima: 62 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.3



### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2,017$  y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la Calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



### CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

\*El error realtivo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

### OBSERVACIONES

1. Se emplea la coma (,) como separador decimal.
2. En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
3. Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-390

Fin del Certificado



**CALITEST  
S.A.C.**

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CON  
TRAZABILIDAD AL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° V0422012**

Expediente : N° 0046-2022  
Fecha de Emisión

Página 1 de 3

**1. SOLICITANTE**

E.I.R.L.

**DIRECCIÓN**

: CAL. HIPOLITO UNANUE NRO. 109 URB. SANTA  
BEATRIZ (FRENTE A CEVICHERIA SON Y MAR)  
CAJAMARCA - JAEN - JAEN

**2. INSTRUMENTO DE  
MEDICIÓN**

: Horno de secado (Estufa)

**Marca**

: PALIO

**Modelo**

: PE5043.2

**Número de serie**

: 0422002

**Capacidad**

: 57 Litros

**Ventilación**

: Natural

**Indicador de temperatura**

: Digital

**Marca**

: Autonics

**Modelo**

: TCN4S

**Serie**

: No indica

**Temperatura de trabajo**

: 110 °C ± 5 °C

**Condición de calibración**

: Volumen interior parcialmente cargado (35%)

**Procedencia**

: PERÚ

**Identificación**

: No indica

**Ubicación**

: Instalaciones de CALITEST S.A.C.

**3. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN**

**Fecha**

: 2022-04-19

**Lugar**

: Laboratorio de CALITEST S.A.C.

**4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

- SNM – PC-018 2da Ed. 2009 – Procedimiento para la calibración de medios isotermos con aire como medio termostático. INACAL.

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23.4	24.8
Humedad Relativa (%)	64	60

**6. TRAZABILIDAD**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
TOTAL WEIGHT	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL	CT-0067-2021
JMR EQUIPOS S.A.C. (METROIL S.A.C.)	FLEXÓMETRO	JMR-1269-2021

**7. OBSERVACIONES**

No presenta ninguna observación.

Sello

Laboratorio de Metrología



**CALITEST S.A.C.**

Tco. ARMANDO JUNIOR PIZANGO MOZOMBITE  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGÍA



**CALITEST SAC**

Ing. GIANMARCO ANDRÉ  
MESTAS PIZANGO  
CIP: 256285  
JEFE DE LABORATORIO

FEI-04

Rev00

Elaborado: PFSP

Revisado: GAMP

Aprobado: AJPM

DIRECCIÓN FISCAL: CAL. JANGAS N° 628, BREÑA – LIMA – LIMA

Tel.: 562 8972 Cel.: 925076321 / E-mail: servicios@calitestsac.com, certificados@calitestsac.com / Web: calitestsac.com

**PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO**



**CALITEST**  
S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CON  
TRAZABILIDAD AL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° V0422012

Página 2 de 3

8. RESULTADO DE MEDICIÓN

TABLA N° 01

Tiempo (min)	Pirómetro (°C)	INDICACIONES CORREGIDAS DE CADA TERMOCUPLA (°C)										T° Prom. (°C)	Tmax - Tmin (°C)
		Nivel Inferior					Nivel Superior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110.0	109.1	109.6	108.8	109.1	109.5	109.0	108.8	108.9	109.2	108.8	109.1	0.8
2	110.0	109.5	109.0	109.3	109.3	108.7	108.8	108.9	109.4	109.0	109.3	109.1	0.8
4	110.0	109.0	109.3	108.8	108.7	109.1	108.9	109.0	108.8	109.1	109.1	109.0	0.6
6	110.0	109.0	108.9	109.4	109.5	108.9	108.9	108.8	109.3	109.6	108.8	109.1	0.8
8	110.0	109.2	109.1	109.6	108.9	109.4	108.7	109.6	108.7	109.6	109.3	109.2	0.9
10	110.0	109.3	109.0	109.3	109.6	109.6	109.2	108.8	109.7	108.7	108.9	109.2	1.0
12	110.0	108.9	109.3	109.5	109.3	108.7	109.3	109.5	109.5	108.9	109.4	109.2	0.8
14	110.0	109.2	108.9	109.2	109.6	109.7	109.6	109.4	109.7	108.8	109.6	109.4	0.9
16	110.0	109.3	108.7	109.4	109.7	109.4	109.6	109.6	109.2	109.0	109.0	109.3	1.0
18	110.0	108.8	109.7	108.8	108.9	109.5	109.5	108.7	109.2	109.4	109.2	109.2	1.0
20	110.0	109.3	109.3	108.8	109.6	109.5	108.9	109.5	109.4	109.5	109.0	109.3	0.8
22	110.0	109.5	109.1	109.5	108.7	109.3	109.5	109.3	109.1	109.3	108.7	109.2	0.8
24	110.0	108.7	109.0	109.3	109.2	109.0	108.9	109.3	109.6	108.8	109.0	109.1	0.9
26	110.0	108.9	108.7	108.9	109.2	108.8	109.0	109.5	109.6	109.1	108.8	109.1	0.9
28	110.0	108.9	108.8	108.7	109.1	109.0	109.2	108.8	108.9	109.7	108.9	109.0	1.0
30	110.0	109.1	108.7	109.1	108.9	109.3	109.0	108.8	108.7	109.2	109.4	109.0	0.7
32	110.0	109.3	109.4	109.2	108.7	108.8	109.2	108.9	109.6	108.8	109.1	109.1	0.9
34	110.0	108.8	108.9	108.8	109.1	108.7	109.0	108.8	108.9	109.6	109.3	109.0	0.9
36	110.0	109.5	109.0	108.8	108.9	109.4	109.5	109.4	109.1	109.3	109.4	109.2	0.7
38	110.0	109.6	109.0	109.1	109.3	109.0	109.2	109.7	109.5	109.5	109.5	109.4	0.7
40	110.0	108.8	109.6	109.4	108.9	109.6	109.6	109.4	108.9	109.7	109.0	109.3	0.9
42	110.0	109.6	109.6	109.4	108.7	109.7	108.7	109.0	109.4	108.7	109.5	109.2	1.0
44	110.0	109.2	109.4	108.8	108.8	108.9	108.9	109.2	109.3	109.7	108.8	109.1	0.9
46	110.0	109.3	109.0	109.6	108.8	109.2	109.6	108.8	109.0	109.0	109.3	109.2	0.8
48	110.0	108.7	109.2	109.5	109.5	108.8	108.7	109.5	109.5	108.8	108.8	109.1	0.8
50	110.0	109.1	109.0	109.2	109.3	109.0	109.4	109.7	108.7	109.6	109.4	109.3	1.0
52	110.0	108.8	109.6	108.9	109.0	108.7	109.0	109.2	109.7	109.1	108.8	109.1	1.0
54	110.0	109.5	109.2	109.0	109.1	109.6	108.9	109.4	109.0	109.5	109.4	109.3	0.7
56	110.0	109.1	108.8	108.8	108.8	109.5	109.2	109.6	109.5	109.4	109.3	109.2	0.8
58	110.0	108.9	109.5	109.5	109.5	109.3	109.5	108.7	109.5	109.0	109.1	109.3	0.8
60	110.0	109.4	109.3	108.7	109.0	109.3	108.9	109.4	108.7	109.3	109.4	109.2	0.7
T. PROM.	110.0	109.1	109.2	109.1	109.1	109.2	109.1	109.2	109.2	109.2	109.1	109.2	
T. MAX.	110.0	109.6	109.7	109.6	109.7	109.7	109.6	109.7	109.7	109.7	109.7	109.6	
T. MIN.	110.0	108.7	108.7	108.7	108.7	108.7	108.7	108.7	108.7	108.7	108.7	108.7	
DTT	0.0	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	

NOMENCLATURA

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T. Prom. : Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
- T. MAX : Temperatura máxima.
- T. MIN : Temperatura mínima.
- DTT : Desviación de temperatura en el tiempo.



Laboratorio de Metrología

**CALITEST S.A.C.**

Tco. ARMANDO JUNIOR PIZANGO MOZOMBITE  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGÍA



Ing. GIANMARCO ANDRE  
MESTAS PIZANGO  
CIP: 256285  
JEFE DE LABORATORIO

FEI-04

Rev00

Elaborado: PFSP

Revisado: GAMP

Aprobado: AUPM

DIRECCIÓN FISCAL: CAL. JANGAS N° 628, BREÑA - LIMA - LIMA

Tel.: 562 8972 Cel.: 925076321 / E-mail: servicios@calitestsac.com, certificados@calitestsac.com / Web: calitestsac.com

**PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO**



**CALITEST S.A.C.**

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CON  
TRAZABILIDAD AL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° V0422012

Página 3 de 3

8.1 RESULTADO TOTAL DE MEDICIÓN

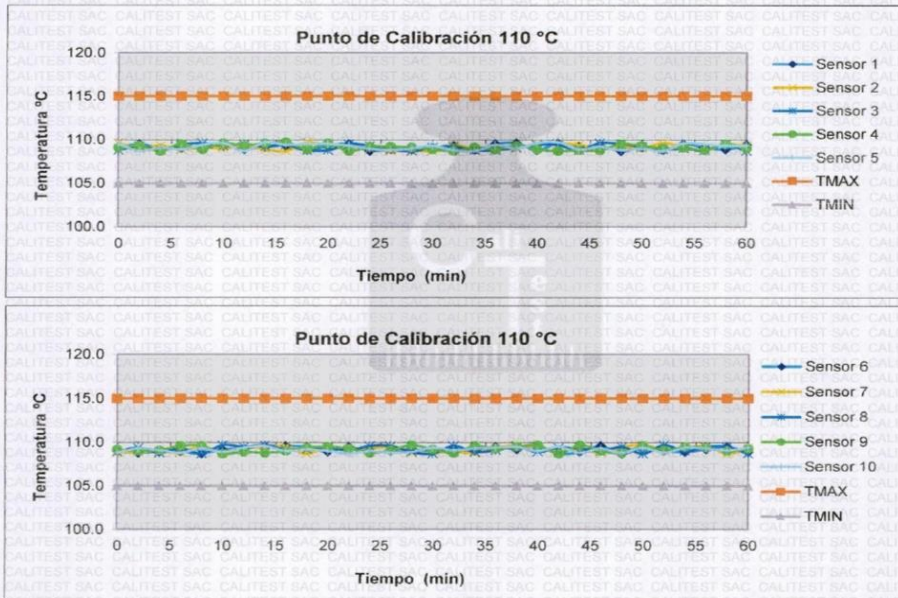
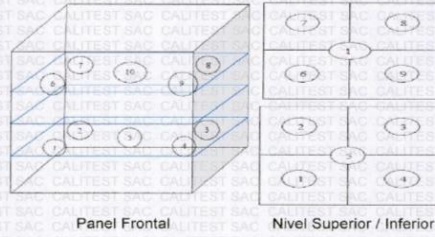
TABLA N° 02

Parámetro	Valor (°C)	U (°C)
Máxima Temperatura Medida	109.6	1.53
Mínima Temperatura Medida	108.7	1.53
DTT	1.0	0.08
DTE	0.1	0.23
Estabilidad Media (±)	0.5	0.04
Uniformidad Media	1.0	0.23

U = Incertidumbre Expandida

Se obtuvo multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura K=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

GRÁFICA N° 01



Laboratorio de Metrología

**CALITEST S.A.C.**

Tco. ARMANDO JUNIOR PIZANGO MOZOMBITE  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA



**CALITEST SAC**  
Ing. GIANMARCO ANDRE  
MESTAS PIZANGO  
C/P 256285  
JEFE DE LABORATORIO

FEI-04

Rev00

Elaborado:PFSP

Revisado:GAMP

Aprobado:AJPM

DIRECCIÓN FISCAL: CAL JANGAS N° 628, BREÑA - LIMA - LIMA

Tel.: 562 8972 Cel.: 925076321 / E-mail: servicios@calitestsac.com , certificados@calitestsac.com / Web: calitestsac.com

PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO

**TESIS: "Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando cal en la sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector el Parral, Jaén, Cajamarca 2022"**

**SOLICITANTE:** Herrera Díaz Santos Clemente y Miranda González Luis Sebastián

**DISTRITO:** JAEN

**PROVINCIA:** JAEN

**CLASIFICACIÓN:** SUCS

**REGION:** CAJAMARCA

**PROFUNDIDAD:** 0.00 - 2.00M

**NORMATIVA:** NTP 339.128

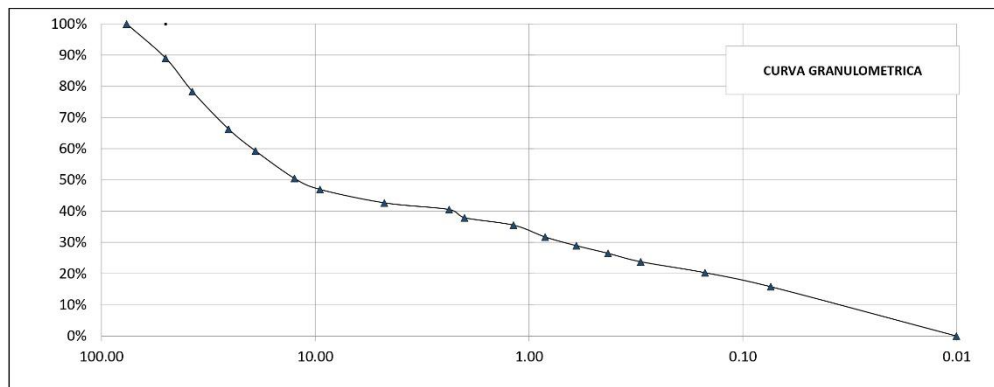
**CALICATA :** C-1

**MUESTRA:** M-1

**FECHA:** AGOSTO DEL 2022

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MTC E 107**

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Ret.	% Ret. Parcial	% Ret. Acumulado	% Pasa	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
3"	76.20	0	0.00	0.00	100.00%	GRAVAS (%)	57.32%
2"	50.00	157.1	11.02	11.02	88.98%	ARENAS (%)	26.87%
1 1/2"	37.50	152.0	10.66	21.68	78.32%	LIMOS Y ARCILLAS (%)	15.80%
1"	25.40	171.4	12.02	33.71	66.29%	PESO ESPECIFICO	-
3/4"	19.00	100.0	7.01	40.72	59.28%	% HUMEDAD	8.51
1/2"	12.50	125.2	8.78	49.50	50.50%		
3/8"	9.50	50.2	3.52	53.02	46.98%	% DE MAT. < #200	15.80
Nº 4	4.75	61.3	4.30	57.32	42.68%		-
Nº 8	2.36	30.5	2.14	59.46	40.54%		
Nº 10	2.00	37.5	2.63	62.09	37.91%		
Nº 16	1.18	34.0	2.38	64.48	35.52%		
Nº 20	0.84	54.0	3.79	68.27	31.73%		
Nº 30	0.60	39.7	2.78	71.05	28.95%		
Nº 40	0.43	35.1	2.46	73.51	26.49%		
Nº 50	0.30	38.2	2.68	76.19	23.81%	CLASIFICACION SUCS	CH
Nº 100	0.15	50.0	3.51	79.70	20.30%	CLASIFICACION AASHTO	-
Nº 200	0.07	64.1	4.50	84.20	15.80%		
Plato	0.01	225.3	15.80	100.00	0.0%		
	Σ	1425.6	100				



*Mineyer Hernández Arca*  
**MINEYER HERNÁNDEZ ARCA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. 152285



**TESIS: "Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando cal en la sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector el Parral, Jaén, Cajamarca 2022"**

**SOLICITANTE:** Herrera Díaz Santos Clemente y Miranda González Luis Sebastián

**DISTRITO:** JAEN

**PROVINCIA:** JAEN

**CLASIFICACIÓN:** SUCS

**REGION:** CAJAMARCA

**PROFUNDIDAD:** 0.00 - 2.00M

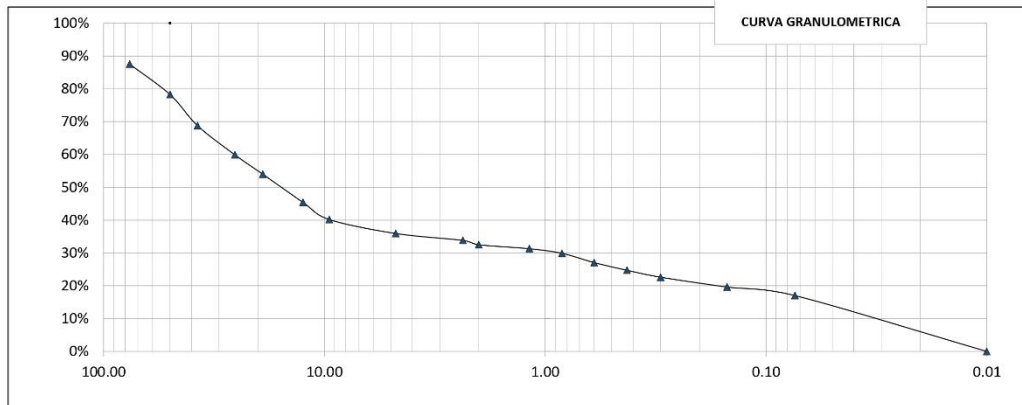
**NORMATIVA:** NTP 339.128

**CALICATA :** C-2      **MUESTRA:** M-1

**FECHA:** AGOSTO DEL 2022

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128**

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Ret.	% Ret. Parcial	% Ret. Acumulado	% Pasa	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
3"	76.20	207.1	12.45	12.45	87.5%	GRAVAS (%)	64.07%
2"	50.00	154.4	9.28	21.74	78.3%	ARENAS (%)	18.91%
1 1/2"	37.50	158.2	9.51	31.25	68.7%	LIMOS Y ARCILLAS (%)	17.02%
1"	25.40	147.5	8.87	40.12	59.9%	PESO ESPECIFICO	-
3/4"	19.00	98.0	5.89	46.01	54.0%	% HUMEDAD	10.00%
1/2"	12.50	142.6	8.58	54.59	45.4%	% ABSORCIÓN	-
3/8"	9.50	87.0	5.23	59.82	40.2%	% DE MAT. < #200	17.02
Nº 4	4.75	70.7	4.25	64.07	35.9%	% ABRASION	-
Nº 8	2.36	35.0	2.10	66.18	33.8%	D60 =	-
Nº 10	2.00	22.0	1.32	67.50	32.5%	D10 =	-
Nº 16	1.18	20.3	1.22	68.72	31.3%	D30 =	-
Nº 20	0.84	23.2	1.40	70.11	29.9%	CU =	-
Nº 30	0.60	47.0	2.83	72.94	27.1%	CC =	-
Nº 40	0.43	39.0	2.35	75.29	24.7%	FECHA	00/01/1900
Nº 50	0.30	35.0	2.10	77.39	22.6%	CLASIFICACION SUCS	GM
Nº 100	0.15	50.0	3.01	80.40	19.6%	CLASIFICACION AASHTO	-
Nº 200	0.07	43.0	2.59	82.98	17.0%		
Plato	0.01	283.0	17.02	100.00	0.0%		
	Σ	1662.97	100				



*[Signature]*  
**MINEYER HERNÁNDEZ ARCA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. 152285

**TESIS: "Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando cal en la sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector el Parral, Jaén, Cajamarca 2022"**

**SOLICITANTE:** Herrera Díaz Santos Clemente y Miranda González Luis Sebastián

**DISTRITO:** JAEN

**PROVINCIA:** JAEN

**CLASIFICACIÓN:** SUCS

**REGION:** CAJAMARCA

**PROFUNDIDAD:** 0.00 - 1.00M

**NORMATIVA:** NTP 339.128

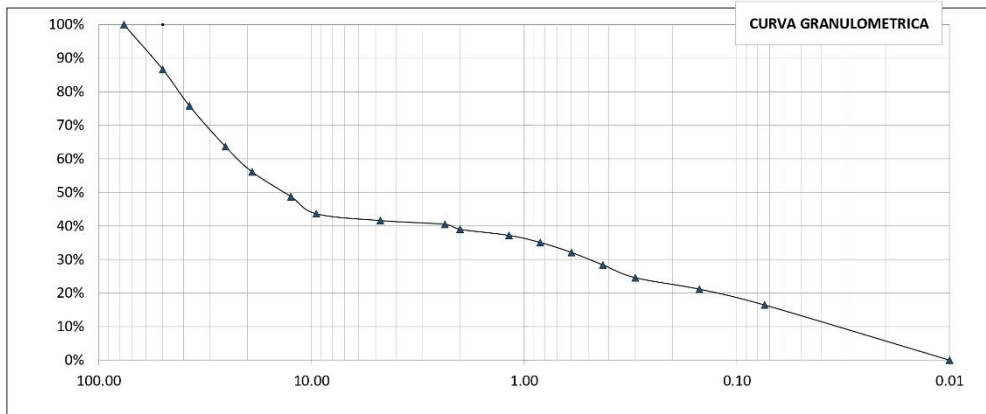
**CALICATA :** C-3

**MUESTRA:** M-1

**FECHA:** AGOSTO DEL 2022

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128**

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Ret.	% Ret. Parcial	% Ret. Acumulado	% Pasa	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
3"	76.20		0.00	0.00	100.0%	GRAVAS (%)	58.41%
2"	50.00	204	13.39	13.39	86.6%	ARENAS (%)	25.16%
1 1/2"	37.50	165.2	10.84	24.23	75.8%	LIMOS Y ARCILLAS (%)	16.42%
1"	25.40	185.0	12.14	36.36	63.6%	PESO ESPECIFICO	-
3/4"	19.00	115.0	7.55	43.91	56.1%	% HUMEDAD	9.60%
1/2"	12.50	112.0	7.35	51.26	48.7%	% ABSORCIÓN	-
3/8"	9.50	78.0	5.12	56.38	43.6%	% DE MAT. < #200	16.42
Nº 4	4.75	31.0	2.03	58.41	41.6%	% ABRASION	-
Nº 8	2.36	17.0	1.12	59.53	40.5%	D60 =	-
Nº 10	2.00	23.0	1.51	61.04	39.0%	D10 =	-
Nº 16	1.18	27.0	1.77	62.81	37.2%	D30 =	-
Nº 20	0.84	32.5	2.13	64.94	35.1%	CU =	-
Nº 30	0.60	45.0	2.95	67.89	32.1%	CC =	-
Nº 40	0.43	57.0	3.74	71.63	28.4%	FECHA	00/01/1900
Nº 50	0.30	58.0	3.81	75.44	24.6%	CLASIFICACION SUCS	GM
Nº 100	0.15	52.0	3.41	78.85	21.1%	CLASIFICACION AASHTO	-
Nº 200	0.07	72.0	4.72	83.58	16.4%		
Plato	0.01	250.3	16.42	100.00	0.0%		
	Σ	1524	100				



*[Signature]*  
**MINEYER HERNÁNDEZ ARCA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. 152285

TESIS: "Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando cal en la sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector el Parral, Jaén, Cajamarca 2022"

SOLICITANTE: Herrera Díaz Santos Clemente y Miranda González Luis Sebastián

DISTRITO: JAEN

PROVINCIA: JAEN

CLASIFICACIÓN: SUCS

REGION: CAJAMARCA

PROFUNDIDAD: 2.00M

NORMATIVIDAD: NTP 339.127

CALICATA : C-1 MUESTRA: M-1

FECHA: AGOSTO DEL 2022

**PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.**

PROCEDIMIENTO	Muestra Nº 1	-	Muestra Nº 2
Peso M.Humeda + Tara	852.3	-	965.2
Peso M. Seca + Tara	589.6	-	587.5
Peso Cápsula	202.3	-	201.5
Peso de la Muestra seca	387.3	-	386.0
Peso del Agua	62.30	-	62.00
Humedad	0.1609	-	0.1606
% de Humedad Natural	16.09	-	16.06
% de Humedad Natural. Promedio	16.07		

**DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO**

PROCEDIMIENTO	Muestra Nº 1	-	Muestra Nº 2
Peso Muestra Seca	77	-	77
Volumen Inicial del Agua	48	-	57.5
Volumen Agua + M. Seca	95	-	105
Diferencia de Volúmenes	47	-	47.5
Peso específico del Material	1.64	-	1.62
Peso específico del Agua	1.00	-	1.00
Peso específico del Material	1.64	-	1.62
Peso específico del Material, Promedio g/cm <sup>3</sup>	1.63		



**MINEYER HERNÁNDEZ ARCA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. 152285

**TESIS: "Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando cal en la sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector el Parral, Jaén, Cajamarca 2022"**

**SOLICITANTE:** Herrera Díaz Santos Clemente y Miranda González Luis Sebastián

**DISTRITO:** JAEN

**PROVINCIA:** JAEN

**CLASIFICACIÓN:** SUCS

**REGION:** CAJAMARCA

**PROFUNDIDAD:** 2.00M

**NORMATIVIDAD:** NTP 339.127

**CALICATA :** C-2 **MUESTRA:** M-1

**FECHA:** AGOSTO DEL 2022

**PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.**

PROCEDIMIENTO	Muestra Nº 1	-	Muestra Nº 2
Peso M.Humeda + Tara	562.3	-	499.6
Peso M. Seca + Tara	497.8	-	441.6
Peso Cápsula	41.0	-	42.1
Peso de la Muestra seca	456.8	-	399.5
Peso del Agua	64.50	-	58.00
Humedad	0.1412	-	0.1452
% de Humedad Natural	14.12	-	14.52
% de Humedad Natural. Promedio	14.32		

**DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO**

PROCEDIMIENTO	Muestra Nº 1	-	Muestra Nº 2
Peso Muestra Seca	78.5	-	81.2
Volumen Inicial del Agua	50	-	50
Volumen Agua + M. Seca	97	-	99
Diferencia de Volúmenes	47	-	49
Peso específico del Material	1.67	-	1.66
Peso específico del Agua	1.00	-	1.00
Peso específico del Material	1.67	-	1.66
Peso específico del Material, Promedio (g/cm3)	1.66		



**MINEYER HERNÁNDEZ ARCA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. 152285

TESIS: "Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando cal en la sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector el Parral, Jaén, Cajamarca 2022"

SOLICITANTE: Herrera Díaz Santos Clemente y Miranda González Luis Sebastián

DISTRITO: JAEN

PROVINCIA: JAEN

CLASIFICACIÓN: SUCS

REGION: CAJAMARCA

PROFUNDIDAD: 2.00M

NORMATIVIDAD: NTP 339.127

CALICATA : C- 3

MUESTRA: M-1

FECHA: AGOSTO DEL 2022

**PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.**

PROCEDIMIENTO	Muestra Nº 1	-	Muestra Nº 2
Peso M.Humeda + Tara	652.3	-	625.8
Peso M. Seca + Tara	583.6	-	567.1
Peso Cápsula	201.2	-	203.0
Peso de la Muestra seca	382.4	-	364.1
Peso del Agua	68.70	-	58.70
Humedad	0.1797	-	0.1612
% de Humedad Natural	17.97	-	16.12
% de Humedad Natural. Promedio	17.04		

**DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO**

PROCEDIMIENTO	Muestra Nº 1	-	Muestra Nº 2
Peso Muestra Seca	77	-	82
Volumen Inicial del Agua	48	-	55.2
Volumen Agua + M. Seca	95	-	105
Diferencia de Volúmenes	47	-	49.8
Peso específico del Material	1.64	-	1.65
Peso específico del Agua	1.00	-	1.00
Peso específico del Material	1.64	-	1.65
Peso específico del Material, Promedio	1.64		

  
MINEYER HERNÁNDEZ ARCA  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.I.P. 152285

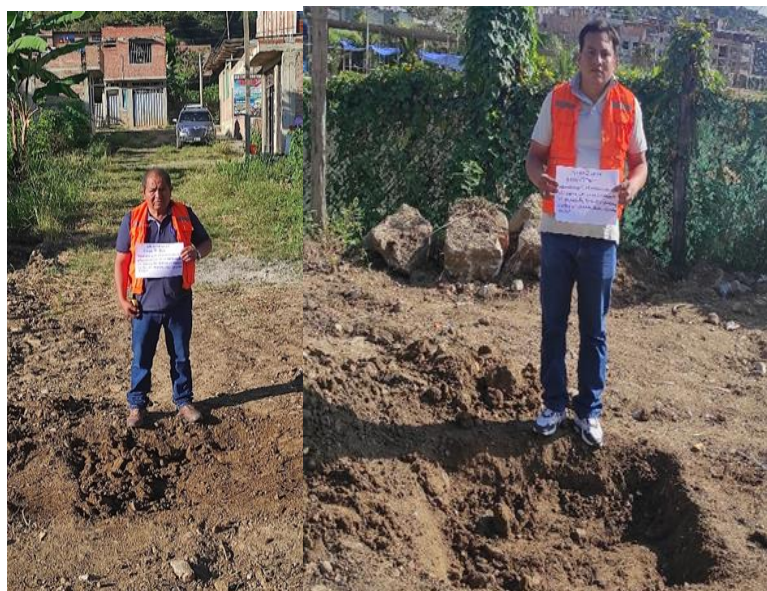
#### Anexo 4. Panel Fotográfico

Foto 1. Sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector el Parral



Fuente: 2022

Foto 2. Proceso de excavación de calicata



Fuente: 2022

Foto 3. Proceso de Excavación de calicata



Fuente: 2022

Foto 4. Proceso de Excavación de calicata



Fuente: 2022

Foto 5. Proceso de excavación de Calita



Fuente: 2022

Foto 6. Muestras



Fuente: 2022



Foto 7. Análisis granulométrico



Fuente: 2022

Foto 8. Análisis granulométrico



Fuente: 2022

Foto 9. Análisis granulométrico



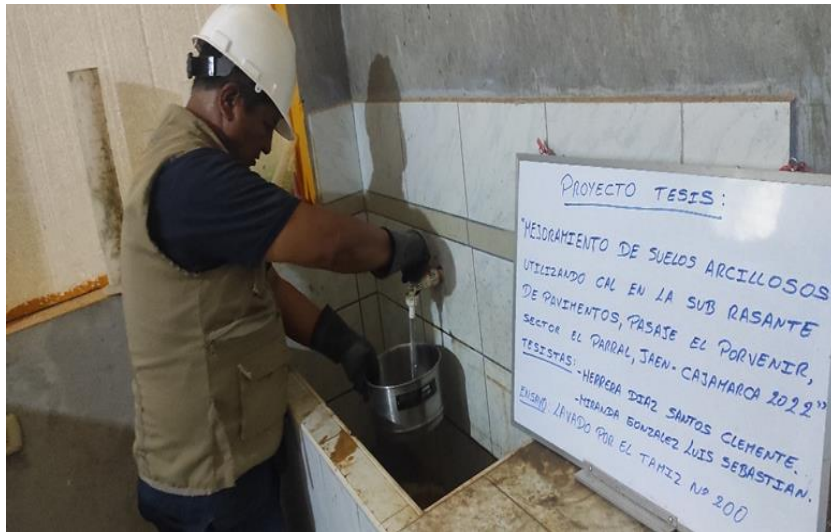
Fuente: 2022

Foto 10. Análisis granulométrico por lavado



Fuente: 2022

Foto 11. Análisis granulométrico por lavado



Fuente: 2022

Foto 12. Determinación contenida de humedad



Fuente: 2022

Foto 13. Determinación contenida de humedad



Fuente: 2022

Foto 14. Ensayo con equipo Slump



Fuente: 2022

Foto 15. Determinación de resultados mediante CBR



Fuente: 2022

Foto 16. Determinación de límites líquidos



Fuente: 2022

Foto 17. Determinación de límites líquidos



Fuente: 2022



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SLEYTHER ARTURO DE LA CRUZ VEGA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Mejoramiento de suelos arcillosos, utilizando cal en la sub rasante de pavimentos, pasaje El Porvenir, sector el Parral, Jaén, Cajamarca 2022", cuyos autores son HERRERA DIAZ SANTOS CLEMENTE, MIRANDA GONZALEZ LUIS SEBASTIAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

PIURA, 05 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SLEYTHER ARTURO DE LA CRUZ VEGA <b>DNI:</b> 70407573 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0254-301X	Firmado electrónicamente por: SLEYTHER el 06-12- 2022 21:33:48

Código documento Trilce: TRI - 0474335