



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

**TESIS  
CORRELACIÓN DEL CARBONATO DE CALCIO EN  
SUELOS GRANULARES PARA LA  
DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD**

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

**Autora:**

**Bach. Campoverde Cotrina Katty Elizabeth  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2334-3589>**

**Asesor:**

**Mag. Salinas Vásquez Néstor Raúl  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5431-2737>**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú 2022**

**APROBACIÓN DEL JURADO**

**CORRELACIÓN DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES  
PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD**

---

**Bach. Campoverde Cotrina Katty Elizabeth**  
**Autora**

---

**M. Salinas Vásquez Néstor Raúl**  
**Asesor Metodológico**

---

**M. Ing. Marín Bardales Noé Humberto**  
**Presidente de Jurado de Tesis**

---

**M. Sc. Ing. Villegas Granados**  
**Luis Marino**  
**Secretario de Jurado de Tesis**

---

**M. Sc. Ing. Idrogo Pérez**  
**Cesar Antonio**  
**Vocal de Jurado de Tesis**

## **Dedicatorias**

A Dios por la vida y la salud que me brinda, a mi mamita María Natividad Cotrina y mi mamita María Jovita por darme tanto amor y sobre todo sus consejos que han sido mi soporte en todo este proceso de mi carrera.

A mi hijito Anhiel Omar Coronado que vino justo este año alegrarme mis días y a darme la fuerza y la valentía de luchar por mis metas y objetivos, te amo hijito y a mi papito hermoso José Campoverde que me mira desde el cielo.

Campoverde Cotrina Katty

## **Agradecimientos**

El presente trabajo de tesis también va dedicado a mi Dios por bendecirme en todo tiempo y sobre todo en el transcurso de mi carrera.

A la Universidad Señor de Sipán por la oportunidad de formalizarme como profesional.

A nuestro director de Escuela.

Dr. Sócrates Pedro Muñoz Pérez quien con sus conocimientos y experiencia me ayudado a culminar mis estudios con éxito.

## Resumen

La presente investigación de título “Correlación del carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad”, tuvo como objetivo general determinar la correlación del carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad de la Provincia de Lambayeque, la presente investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo, con un nivel correlacional y un diseño experimental de corte transversal, la población estuvo conformada por todo el territorio de la Provincia de Lambayeque, la muestra fue de 12 suelos de la Provincia de Lambayeque la cual se obtuvo mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. En cuanto a los resultados tras la aplicación de un coeficiente de correlación de Rho de Spearman se obtuvo un valor de  $r=-0.985$  entre las variables de estudio. Finalmente, se determinó que existe correlación inversa y significativa entre el carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad en la Provincia de Lambayeque, aceptándose la hipótesis alterna, lo cual queda contrastado con la teoría antes descrita y los estudios previos encontrados; por ende, se reafirma que a mayor carbonato de calcio menor permeabilidad.

**Palabras Clave:** Carbonato de calcio, Permeabilidad, suelos granulares.

## Abstract

The present investigation entitled "Correlation of calcium carbonate in granular soils for the determination of permeability", had as a general objective to determine the correlation of calcium carbonate in granular soils for the determination of permeability of the Province of Lambayeque, the present The research was carried out under the quantitative approach, with a correlational level and experimental cross-sectional design, the population was made up of the entire territory of the Province of Lambayeque, the sample was 12 soils from the Province of Lambayeque which was obtained using non-probabilistic convenience sampling. As for the results after applying a Spearman's Rho correlation coefficient, a value of  $r = -0.985$  was obtained between the study variables. Finally, it was determined that there is an inverse and significant correlation between calcium carbonate in granular soils for the determination of permeability in the Province of Lambayeque, accepting the alternative hypothesis, which is contrasted with the theory described above and the previous studies found; therefore, it is reaffirmed that the higher the calcium carbonate, the lower the permeability.

**Keywords:** Calcium carbonate, Permeability, granular soils.

## Índice

|   |     |
|---|-----|
| Aprobación del jurado .....   | ii  |
| Dedicatorias .....  | iii |
| Agradecimientos.....  | iv  |
| Resumen.....  | v   |
| Abstract.....   | vi  |
| Índice.....   | vii |
| Índice de formulas .....  | ix  |
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 10  |
| 1.1. Realidad problemática.....   | 10  |
| 1.2. Antecedentes de estudio.....   | 13  |
| 1.3. Formulación del problema.....  | 33  |
| 1.4. Justificación e importancia del estudio .....                                  | 33  |
| 1.5. Hipótesis .....  | 34  |
| 1.6. Objetivos .....  | 35  |
| 1.6.1. Objetivo general.....  | 35  |
| 1.6.2. Objetivos específicos.....   | 35  |
| II. MATERIAL Y MÉTODO.....  | 36  |
| 2.1. Tipo y diseño de investigación .....   | 36  |
| 2.2. Población y muestra.....   | 37  |
| 2.3. Variables y operacionalización.....  | 38  |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad<br>41 |     |
| 2.5. Procedimientos de análisis de datos.....                                       | 42  |
| 2.6. Criterios éticos .....   | 46  |
| 2.7. Criterios de rigor científico.....   | 47  |

|      |   |    |
|------|---|----|
| III. | RESULTADOS .....                                      | 48 |
| 3.1. | Resultados en tablas y figuras .....                  | 48 |
| 3.2. | Discusión de resultados .....                         | 59 |
| IV.  | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                   | 64 |
| 4.1. | Conclusiones.....                                     | 64 |
| 4.2. | Recomendaciones.....                                  | 65 |
|      | REFERENCIAS.....                                      | 66 |
|      | ANEXOS .....  | 71 |
|      | Anexo 01: Matriz de consistencia interna lógica ..... | 71 |
|      | Anexo 02: Granulometría de muestras .....             | 72 |
|      | Anexo 03: Permeabilidad de muestras .....             | 84 |
|      | Anexo 04: Panel Fotográfico.....                      | 96 |

## Índice de formulas

|  |    |
|--|----|
| Formula 1: Coeficiente de Uniformidad .....        | 26 |
| Formula 2: Coeficiente de curvatura .....          | 26 |
| Formula 3: Ley de Darcy .....                      | 30 |
| Formula 4: Coeficiente de permeabilidad .....      | 44 |
| Formula 5: Porcentaje de carbonato de calcio ..... | 52 |

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

#### **Internacional**

Es sabido que tanto suelos como rocas no son sólidos perfectos, ya que los mismos forman sistemas con dos o tres fases: partículas de gas y sólido, partículas líquidas y sólidas, o bien partículas sólidas, gas y líquido, por consiguiente, deben ser entendidos como medios porosos; ello hace que se les caracterice a través de este aspecto debido a que su vez esta propiedad influye la permeabilidad que estos tienen. En tal sentido, la permeabilidad de los suelos, es la capacidad que tiene el agua de pasar a través de los poros de un material, por lo que el costo y las dificultades a encontrar tiene un efecto terminante en numerosas operaciones constructivas, sobre todo en los casos de los suelos granulares puesto que se componen por partículas de grava y arena, los cuales requieren estar confinados para ser estables pues no muestran adherencia precisamente al considerable tamaño de sus partículas, son suelos hondamente permeables y entre las partículas actúan fuerzas gravitacionales resultado de su pesadez (Montejo et al., 2019).

Sin importar el escenario, sea internacional o nacional, desde siempre se han formulado diferentes problemas vinculados con la estabilidad de suelos en el proceso constructivo, dado que la información de mecánica de suelos comúnmente se torna insuficiente para alcanzar la condición requerida de los proyectos, por causa de la poca información técnica que se tiene sobre dichos suelos (Rui, 2020). Así la norma técnica vigente E 050 con respecto a suelos y cimentaciones expone la importancia en la compactación porque es una parte vital en el desarrollo de los proyectos, por lo cual se determina que para el perfeccionamiento de la capacidad portante de los suelos se tienen que excluir los vacíos que se encuentran en su interior y que los hacen en gran medida permeables, considerando que dicha fase se debe efectuar de

manera eficaz fundamentándose y concretando íntegramente lo indicado en las normas técnicas entre ellos las que se aplican en los procesos de compactación; no obstante estos presentan problemas de asentamientos y deslizamientos en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto; es así que una forma de revertir las incapacidades técnicas de los suelos es a través de su mejoramiento teniendo siempre en cuenta las características propias de cada uno de estos, en función de los factores que a criterio de los especialistas serán los más apropiados a usar con la finalidad de mejorar sus particularidades, razón por la que se requiere de un análisis a profundidad (San Bartolomé et al., 2020).

### **Nacional**

En cuanto al caso peruano, por su geolocalización en la parte noroccidental de América del Sur (costa), el país tiene peculiaridad de un territorio subtropical de clima variado y con presencia de lluvias en el invierno. La ocupación del territorio peruano se encontraba gravemente determinada por los procesos de migración del campo a la ciudad en medio del siglo pasado, dando así un notable incremento en la construcción de nuevas viviendas y edificaciones aún en los lugares que topográficamente no poseen condiciones adecuadas para soportar una edificación. En cuanto a las características de la construcción, las ciudades costeñas por lo general se expanden libremente en los terrenos casi planos, aluvionicos con suelos granulares que, unidos al fuerte viento, provoca grandes polvaredas, aunque se tiene conocimiento que los suelos son limosos donde existen cultivos y ganado. Las variaciones de temperatura son entre 27°C a 40°C en verano y decae hasta los 11°C en invierno. Para la construcción de las edificaciones, el río dispone de cantos rodados y arena, los carrizales y árboles como aportación de construcción crecen en sus riberas (Organización Panamericana de la Salud, 2018).

## **Local**

En virtud al último censo de estadística e informática elaborado por el Instituto Nacional (2018) en la Provincia de Lambayeque el 54,5% de las viviendas son realizadas con material predominante cemento, por lo que para realizar estas construcciones con mezcla de concreto se debieron considerar las características del suelo y el clima; sin embargo, esto no fue en todos los casos así pues muchas de estas fueron realizadas sin sustento en información de ingeniería por lo que los suelos en muy pocas ocasiones han sido mejorados y adaptados para soportar tales infraestructuras. Ello ha llevado a que, se genere una mayor preocupación por parte de las instituciones de esta región no solo sobre las construcciones ya efectuadas, sino también con respecto a las que se realizará en el futuro lo cual es la tendencia actual, por lo que es relevante el propósito de rehabilitar estos terrenos mediante la búsqueda de alternativas que permitan afrontar los problemas de mal drenaje y salinización de estos suelos, ello con el fin de que en un futuro se pueda contar con mayores superficies de área en las que se pueda construir sin inconveniente alguno. No es un secreto que la humedad y salinidad del suelo norteño es una complicación que afecta a las edificaciones, no obstante, se destaca que la cantidad de agua que existe a nivel de subsuelo es un punto a tener en cuenta para evitar que las calles presenten deficiencias.

Debido a lo antes señalado y a que aún existe la preocupación latente debido a que, pese a esta situación, aún se siguen levantando construcciones de manera irresponsable y sin el estudio de suelos adecuados, se elaboró la presente investigación que pretende hallar la relación que tiene el carbonato de calcio existente en los suelos granulares respecto a la determinación de la permeabilidad, dado que parece encontrarse en proporción con este parámetro, puesto que según Ponce & Gambaudo (2019) para

suelos con propiedades físico-químicas que transmiten un Ph ácido (menor a 6) con texturas livianas, baja capacidad de intercambio catiónico y alta permeabilidad, el carbonato de calcio viene a ser un ente de utilidad.

## 1.2. Antecedentes de estudio

### **A nivel Internacional:**

Lemboye et al. (2021) En su tesis titulada “Permeabilidad en arenas tratadas mediante precipitación de carbonato inducida por enzimas y biopolímeros”. Tuvo como objetivo general determinar el efecto de la precipitación de carbonato inducida por enzimas y el biopolímero sobre la permeabilidad de la arena de sílice. El tipo de investigación fue cuantitativa, de diseño experimental. Se obtuvo los siguientes resultados, el carbonato de calcio precipitado ( $\text{CaCO}_3$ ) dentro del espacio poroso del suelo producía una reducción del 61 % en la permeabilidad del suelo en comparación con las muestras no tratadas. Finalmente, los autores concluyen que, el biopolímero de alginato de sodio demostró ser más eficaz para disminuir la permeabilidad de la arena de sílice que el EICP o el biopolímero de goma guar.

Bagriacik et al. (2021) En su tesis titulada “Propiedades de ingeniería del mejoramiento de suelos arenosos con Bacillus Simplex”. Tuvo como objetivo general determinar la mejora de los suelos arenosos (permeabilidad) mediante el Bacillus Simplex. El tipo de investigación fue cuantitativa, de diseño experimental. Se obtuvieron los siguientes resultados, la precipitación de calcio inducida microbianamente por Bacillus sp. es eficaz en la mejora del suelo como tal, puede servir como sustituto de las técnicas convencionales de estabilización de los suelos. Finalmente, los autores concluyen que, la capacidad de las bacterias para precipitar carbonato de calcio en el suelo conduce a la reducción de la permeabilidad y al aumento de la resistencia al corte del suelo.

Anzola et al. (2019) En su tesis titulada “Evaluación de propiedades permeables de suelos artificiales con contenidos de caolin y carbonato de calcio en condición saturada y parcialmente saturada”. Tuvo como objetivo general desarrollar ensayos para la obtención de la permeabilidad saturada con métodos modernos y tradicionales. El tipo de investigación fue experimental. Se obtuvo los siguientes resultados, las muestras con contenidos del 40% de  $\text{CaCO}_3$ , disminuyen los coeficientes de permeabilidad hasta valores de 10 elevada a la menos 6, esto correspondería a una arena limosa. Finalmente, los autores concluyen que, las muestras parten de una humedad insignificante y se impone una absorción de 6 cm, es claro que la succión impuesta sobre las muestras disminuye la permeabilidad en el suelo, originando un efecto de vacío donde las partículas tienden a estar unas más cerca de otras.

Ivanova (2020) En su tesis titulada “Estabilización de suelos con bacterias *Sporosarcina Pasteurii*”. Tuvo como objetivo general optimizar la capacidad resistente de suelos granulares finos y suelos arcillosos. El tipo de investigación fue cuantitativo experimental. Se tuvo los siguientes resultados, en base a la influencia de la permeabilidad de los objetos de estudio que fueron bioestabilizados, estos indican que la proporción de bacterias, su fuente y la medición de la cantidad de calcio pueden influir en la morfología final del suelo estudiado. Finalmente, la autora concluye que mediante el uso de tabulación de datos de los resultados se permite conocer los parámetros adecuados para la mejora en el rendimiento de la bioestabilización en relación a los suelos analizados.

Aguilar (2019) en su tesis de título “Incidencia de la aplicación del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) como enmienda química en suelos de las comunidades Canchaguano, El Capulí, La Delicia y Fernández Salvador, pertenecientes al Cantón Montúfar, Provincia del Carchi” tuvo como objetivo determinar la incidencia de la utilización del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) como enmienda química al suelo. La

metodología empleada corresponde al enfoque cuantitativo de diseño experimental y corte longitudinal. Los resultados hallados indican que suelos de Canchaguano, El Capulí, La Delicia y Fernández Salvador pertenecientes al Cantón Montúfar están expuestos a un procedimiento de degradación por la práctica del monocultivo por lo que la utilización del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) u otras fuentes de sales de calcio enmienda químicamente a los suelos de la zona de Montúfar, teniendo un efecto beneficioso. Por lo que se concluye que, por sus elevados contenidos de materia orgánica, los suelos de esta zona requieren aportaciones de 1.1 Ton/ha de  $\text{CaCO}_3$ , por año, que puede ser: carbonato de calcio y magnesio (cal dolomita), carbonato de calcio o silicatos de calcio.

### **A nivel Nacional**

Condori & Gonzales (2021) En su tesis titulada “Reducción de la permeabilidad con la adición de 6% de ceniza de carbón, en losas aligeradas de concreto de  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ”. Tuvo como objetivo general determinar la reducción de la permeabilidad de las losas aligeradas de concreto, con la adición de ceniza de carbón en 6%. El tipo de investigación fue cuantitativa donde se tuvo 4 muestras con cenizas de carbón al 6%. Se obtuvo los siguientes resultados, que reduce significativamente la permeabilidad de las losas aligeradas de concreto con adición de 6% de ceniza de carbón, dando una categoría de “muy baja permeabilidad”, sin embargo, las losas aligeradas poseen una etiqueta de “permeabilidad moderada”, por lo que se observa que las losas aligeradas con adición de 6% de ceniza de carbón contienen una menor permeabilidad. Finalmente, los autores concluyen que, con la adición del 6% de ceniza de carbón la permeabilidad disminuye significativamente

Tolentino (2018) En su tesis titulada “Permeabilidad del suelo con adición del 10% de ceniza de concha de abanico, Carretera Cambio Puente – Cascajal”. Tuvo como objetivo general mejorar la permeabilidad del suelo incorporando ceniza de concha de abanico

en un 10% a nivel de subrasante. La investigación fue cuantitativa experimental, tuvo una muestra conformada por 12 suelos remoldeadas, 06 muestras patrón y 06 muestras cilíndricas para la agregación del 10% de cenizas de concha de abanico. Se obtuvo los siguientes resultados, que las muestras del ensayo del Coeficiente de Permeabilidad, clasifican dentro del rango de  $1.04 \text{ E}^{-04}$  a  $1.36 \text{ E}^{-06}$  alcanzado un avance de 65.85%, ayudando a que este compuesto constituido por una matriz sea un ente beneficioso para la resistencia del suelo. Finalmente, se concluye que a los 7 y 14 días las muestras cilíndricas remoldeadas experimentales no sobrepasan a las muestras cilíndricas patrón, de esta manera, en base a la normativa NTP 334.090 cementos, se justifica el 10% de adición de las cenizas de conchas de abanico, logrando una mejorar permeabilidad del suelo.

Gutierrez (2019) En su tesis titulada “Resistencia a la compresión y permeabilidad de un concreto permeable sustituyendo 20 Y 40% de cemento por vidrio molido y conchas de abanico”. Tuvo como objetivo general determinar la resistencia a la compresión y permeabilidad de un concreto permeable sustituyendo 20 y 40% del cemento por vidrio molido (VM) y conchas de abanico (CA). El tipo de investigación fue experimental. Se obtuvo los siguientes resultados, que en paralelismo a las probetas experimentales al 20% y 40% y las probetas de concreto patrón con 17.89mm/s y 16.69mm/s se determinó el coeficiente de permeabilidad según la norma ACI 522R-10 donde se obtuvo una mayor capacidad de infiltración. Finalmente, el autor concluye que, mediante el concreto permeable patrón se determinó el coeficiente de permeabilidad alcanzando una sustitución de 20% y 40% del cemento por (VM) y un 96.81% y 90.31% por (CA).

Quispe & Salazar (2021) En su tesis titulada “Influencia de la aplicación de cloruro de calcio y melaza de caña en vías no pavimentadas, Lurigancho Chosica 2021”. Tuvo como objetivo

general evaluar la influencia de la aplicación del cloruro de calcio y melaza de caña en vías no pavimentadas; Lurigancho Chosica, 2021. El tipo de investigación fue cuantitativo descriptivo. Se obtuvieron los siguientes resultados, se determinó que la calidad del terreno empleado para la mezcla se ve afectada por la óptima dosificación establecida. Finalmente, los autores concluyen que, para poder lograr resultados óptimos con un nivel de calidad y servicialidad, se debe tener un adecuado sistema de control en campo.

Sanchez & Huanio (2017) En su tesis titulada "Determinación de la granulometría óptima del carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo para el mejoramiento de suelos ácidos del valle del Santa". Tuvo como objetivo general determinar la granulometría óptima del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) obtenida de la cáscara de huevo. El tipo de investigación fue cuantitativo experimental. Se obtuvieron los siguientes resultados, se determinó que la cáscara de huevo tiene una condensación existente de calcio de 0.16375 mg de Ca/100gr muestra). Finalmente, las autoras concluyen que, la granulometría inmejorable del carbonato de calcio, obtenida de la cáscara de huevo tiene un 0.125mm de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ); puesto que en el valle de Santa se consiguió mejorar el suelo ácido.

Gutierrez (2010) en su investigación denominada "Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y Ventajas comparativas del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de calcio"- Tuvo como objetivo el desarrollar una comparación entre el cloruro de magnesio y el cloruro de calcio para la estabilización química de las carreteras no pavimentadas. La investigación se desarrolló bajo el enfoque cuantitativo con un diseño experimental. Como resultado se obtuvo, que el cloruro de magnesio hexahidratado es una sal muy higroscópica (H.R.= 32%) por lo tanto funcionaría muy bien en regiones con climas secos, mientras que el Calcio con su H. R.=42% se adecua mejor a las condiciones climáticas del Perú. Se concluye que el Cloruro de calcio puede ser

utilizado como primera alternativa para la estabilización y habilitación de caminos temporales mientras que el cloruro de Magnesio Hexahidratado mantiene grandes desventajas para la estabilización y habilitación de los mismos.

Palmer & Pulido (2020) En su tesis titulada “Aplicación de bacterias Bacillus Pseudofirmus para mejorar las propiedades del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en San Martín de Porres, 2020”. Tuvo como objetivo general el mejoramiento en las siguientes propiedades del concreto como: Resistencia, flexión e impermeabilidad. El tipo de investigación fue descriptivo de caso. Se tuvo los siguientes resultados; al aplicar bacterias de la familia bacillus subtilis la resistencia a la permeabilidad de cloruros aumenta en un 13.64% en una dosificación de  $4.6 \times 10^6 \text{ cel. /ml}$  y al aplicar bacillus sphaericus en el concreto, aumenta la resistencia a la compresión a los 28 días con una dosificación de  $3 \times 10^6 \text{ cel. /ml}$ . Finalmente, se concluye que ambos resultados son positivos haciendo uso de las bacterias bacillus sphaericus y bacillus subtilis en diferentes dosificaciones.

### **A nivel regional**

Coronado (2019) En su tesis titulada “Estabilización de suelos granulares no cohesivos de Lambayeque aplicando bacterias calcificantes”. Tuvo como objetivo general determinar la mejora de la estabilización de suelos granulares no cohesivos de Lambayeque aplicando bacterias calcificantes. El tipo de investigación fue experimental. Se obtuvo los siguientes resultados, en base al análisis granulométrico y según la clasificación de SUCS los valores encontrados determinaron que las muestras estudiadas corresponden a suelos no cohesivos, es decir a una arena mal gradada (SP); sobre el Carbonato de Calcio en el medio donde se inocularon aumentando su presencia de 0.32 a 5.44% producto de la acción de las bacterias Calcificantes como valor máximo en las muestras de la provincia de Chiclayo. Finalmente, el autor concluye

que se manifiesta una disminución de 9.5 a 22.7% en cuanto a la permeabilidad.

Fuentes (2021) En su tesis titulada “Análisis comparativo en el mejoramiento de subrasante e impermeabilización entre el uso del aditivo iónico proes y la cal viva en zonas urbanas no pavimentadas de la ensenada VIII del distrito de Pimentel, 2019”. Tuvo como objetivo general comprobar cómo mejora su capacidad de soporte (CBR), permeabilidad y consistencia del suelo. El tipo de investigación fue experimental de diseño hipotético. Se obtuvo los siguientes resultados, Se encontró que la permeabilidad natural del sitio cambió de ligeramente permeable a casi impermeable después de la aplicación de cal viva y cemento Proes. Tenga en cuenta que se usa permeabilidad de cabeza variable ya que nuestro suelo es arcilloso. Finalmente, el autor concluye que el suelo ha pasado de ser permeable ( $3,57 \times 10^{-5}$ ) a prácticamente impermeable ( $4,39 \times 10^{-7}$  para Cal Viva).

Tumbajulca (2019) En su tesis titulada “Influencia de usar conchas de abanico triturado para mejorar la sub rasante en la Av. Jesús de Nazareth, Trujillo 2019”. Tuvo como objetivo general determinar la influencia de usar conchas de abanico triturado para mejorar la sub rasante en la Av. Jesús de Nazareth, Trujillo 2019. El tipo de investigación fue cuantitativo de diseño experimental. Se tuvo los siguientes resultados; La máxima densidad seca con la adición de 25% de concha marina alcanzó un valor de 1923 g/cm<sup>3</sup> y el factor de soporte de California alcanzó 19,3% a 95% MDS, un 7% más que el CBR del suelo en su estado natural. Finalmente, se encontró que las conchas de abanico mejoran la condición de la subrasante aumentando su densidad seca máxima y CBR.

Teorías relacionadas al tema

#### 1.2.1. Suelos

De acuerdo a la naturaleza de la investigación se indagó en la teoría relacionada a la aplicación del carbonato de calcio sobre los suelos

granulares, por lo que se aborda inicialmente la conceptualización acerca de suelos que de acuerdo a Solminihac & Thenoux (2017) el suelo es un material único por excelencia por lo que no puede ser sustituido sin sufrir un gran incremento sobre los costos de ejecución de las diversas obras. Por lo tanto, todo tipo de construcción requiere el conocimiento del lugar donde se realizará el trabajo de construcción, como casas, caminos y otras estructuras sobre las que se realizará el trabajo ya que existen diferentes tipos de suelo.

Existen varios métodos y técnicas para la determinación de las propiedades del suelo, entre los que se distingue el análisis granulométrico, que se utilizan después de la inspección visual del suelo y la identificación preliminar del suelo, mejorando así determinar el límite de Atterberg en el laboratorio donde se realicen las pruebas primarias; y muestreo para pruebas de campo, teniendo en cuenta que el muestreo se realiza sin alteración del suelo para que las pruebas de laboratorio reflejen con precisión las propiedades del suelo. (Villalobos, 2016).

Cada tipo de suelo tiene propiedades específicas dependiendo del ambiente en el que vive (Carhuanambo, 2016), siendo las siguientes propiedades del suelo:

- *Resistencia*: propiedad que determina la fuerza de adherencia, la cual depende directamente del contenido de humedad y del tipo de suelo ensayado.
- *Comprensibilidad*: La capacidad del suelo para reducir el espacio entre las partículas y reducir su volumen.
- *Permeabilidad*: La propiedad que permite que el suelo mueva el agua y el aire a través de sus partículas.
- *Estabilidad volumétrica*: Las propiedades volumétricas del suelo son compactas y no cambian apreciablemente en condiciones naturales.

- *Tamaño y forma:* Son las características que clasifican al suelo como granular y fino.

Conociendo los parámetros en mención, es posible identificar el tipo de suelo y su comportamiento frente a ciertas situaciones a las que se someterá la construcción. A los efectos de este trabajo, los tipos de suelo se han agrupado en clases y tipos para facilitar la comprensión e identificación de los diferentes tipos de suelo; Con respecto a la curva de Taylor, se dice que los suelos siguen un sistema simple de clasificación de suelos que usa métodos sencillos de determinación y da una distribución aproximada pero suficientemente precisa sobre otros grupos de suelo o tipos de suelo, muy conveniente para la observación de problemas generales de mecánica de suelos. (Villalobos, 2016).

Para la clasificación de suelos la norma peruana CE.020 indica que el método de clasificación de suelos con propósitos de ingeniería se encuentra establecidas en la NTP 339.134:1999 en la que se indica que se aplica el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). El sistema de clasificación desarrollado por Casagrande durante la Segunda Guerra Mundial está vinculado al sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS). Como consecuencia es utilizada en gran parte del mundo para trabajos geotécnicos que no sean caminos y carreteras, esto a causa de la actualización de su estandarización que se realizó como la norma ASTM D 2487-93 (Clasificación de suelos con propósitos de ingeniería en Perú, 1999).

Así mismo los suelos finos o granulares, se distribuyen según el tipo de material que pasa el tamiz de 3" =75mm; y se le denomina suelos finos cuando más del 50% pasa por el tamiz número 200. Caso contrario que no ocurra, el material vendría a ser granular, por lo tanto, será grava o arena. Por otra lado, los suelos granulares se designan con el símbolo G (grava) cuando un porcentaje mayor o igual al 50% es retenido en el tamiz número 4 y se considera S

(arena) en caso el 50% o más pasen el tamiz número 4 (Villalaz, 2004).

La clasificación de los suelos se denominan por un símbolo de 2 letras de acuerdo a las normas técnicas de SUCS donde el primer símbolo considera que es el principal componente de la tierra y el segundo símbolo precisa características de plasticidad o información de la curva granulométrica, empleando las siguientes letras: G (grava), S (arena), M (limo), C (arcilla), O (orgánico) y P (turba) (Gutierrez, 2011). De tal manera que se abarcan las siguientes reglas:

- Si el suelo es de grano grueso se le identificará con la letra G o S razón por lo que deberá pasar menos del 50% del suelo por la malla N° 200 (0.075 mm)
- Si el suelo es de grano fino se le identificará con la letra M o C razón por la que deberá pasar más del 50% por la malla N° 200 (0.075 mm).
- Si el suelo es de arenas y gravas limpias se le identificara con una segunda letra P si están mal graduadas o W si permanecen bien graduadas, razón por la que debe pasar menos del 5% por la malla N° 200. En segundo aspecto, si los suelos son de arenas y gravas, la segunda letra será M si son limosas o C si son arcillosas, razón por la que debe pasar más del 12% en peso por la malla N°. 200.
- Si es suelo es de arenas y gravas se le identificara como clasificaciones duales con letras SP-SM, razón por que deben estimar entre los 5-12%. Por otro lado los limos, arcillas y suelos orgánicos se les estipula la segunda letra H o L para designar si posee una alta o baja plasticidad.

| Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio |  |   | Clasificación de suelos   |                                 |                             |                  |
|--|--|---|---|---------------------------------|-----------------------------|------------------|
|  |  |   | Símbolo de grupo  | Nombre del grupo                |                             |                  |
| <b>GRUESOS</b><br>Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200               | <b>Gravas</b><br>Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4 | Gravas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200  | $Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$                                      | GW                              | Grava bien graduada         |                  |
|  |  |   | $Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$   | GP                              | Grava mal graduada          |                  |
|  |  | Gravas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200 | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad            | GM                              | Grava limosa                |                  |
|  |  |   | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad            | GC                              | Grava arcillosa             |                  |
|  | Gravas limpias y con finos<br>Entre el 5 y 12% pasa malla No. 200                | Cumple los criterios para GW y GM                     | GW-GM   | Grava bien graduada con limo    |                             |                  |
|  |  | Cumple los criterios para GW y GC                     | GW-GC   | Grava bien graduada con arcilla |                             |                  |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GM                     | GP-GM   | Grava mal graduada con limo     |                             |                  |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GC                     | GP-GC   | Grava mal graduada con arcilla  |                             |                  |
|  | <b>Arenas</b><br>El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4          | Arenas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200  | $Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$                                      | SW                              | Arena bien graduada         |                  |
|  |  |   | $Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$   | SP                              | Arena mal graduada          |                  |
|  |  | Arenas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200 | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad            | SM                              | Arena limosa                |                  |
|  |  |   | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad            | SC                              | Arena arcillosa             |                  |
| Arenas limpias y con finos<br>Entre el 5 y 12% pasa malla No. 200  |  | Cumple los criterios para SW y SM                     | SW-SM   | Arena bien graduada con limo    |                             |                  |
|  |  | Cumple los criterios para SW y SC                     | SW-SC   | Arena bien graduada con arcilla |                             |                  |
|  | Cumple los criterios para SP y SM  | SP-SM   | Arena mal graduada con limo   |                                 |                             |                  |
|  | Cumple los criterios para SP y SC  | SP-SC   | Arena mal graduada con arcilla  |                                 |                             |                  |
| <b>FINOS</b><br>Suelos de partículas finas<br>El 50% o mas pasa la malla No. 200                         | Limos y arcillas<br>Limite Liquido menor que 50                                  | Inorgánicos   | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" | CL                              | Arcilla de baja plasticidad |                  |
|  |  |   | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"  | ML                              | Limo de baja plasticidad    |                  |
|  | Orgánicos  | Limite liquido - secado al horno                      | < 0.75  | OL                              | Arcilla orgánica            |                  |
|  |  | limite liquido - no secado                            |   |                                 | Limo orgánico               |                  |
|  | Limos y arcillas<br>Limite Liquido mayor que 50                                  | Inorgánicos   | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" | CH                              | Arcilla de alta plasticidad |                  |
|  |  |   | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"  | MH                              | Limo de alta plasticidad    |                  |
|  |  | Orgánicos   | Limite liquido - secado al horno                                      | < 0.75                          | OH                          | Arcilla orgánica |
|  |  |   | limite liquido - no secado  |                                 |                             | Limo orgánica    |
| Suelos altamente orgánicos   | Principalmente materia orgánica de color oscuro                                  |   | PT  | Turba                           |                             |                  |

Figura 1. Criterios para la asignación de grupos de suelos

Fuente: (Gutierrez, 2011)

En cuanto a los estudios de campo, para obtener datos reales estos son realizados en su lugar original durante la realización del proyecto para la observación y estudio de los suelos. Así mismo se consideran distintos métodos como sondeos manuales, explotación a cielo abierto, métodos relativos en roca, ensayos de penetración estándar y SPT. Sin embargo en este estudio debido a la sofisticación de los demás métodos, se empleó el método de exploración mediante calicatas (Lozano, 2018).

Conforme a las normativas ASTM y AASHTO la posibilidad de conocer propiedades índices y características mecánicas de los suelos es en base a las pruebas de laboratorio. Estas normativas precisan, por medio del método SUCS (sistema unificado de clasificación de suelos) la determinación de las propiedades índice del suelo, para obras con modelo vertical y el método HRB (Highway Research Board) de obras tipo horizontales (Lozano, 2018).

Según la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería en Perú (1999). Para clasificar fácilmente el suelo al que se aplica el sistema, se debe determinar el porcentaje de grava, arena, limo y arcilla, así como los coeficientes de uniformidad y curvatura, así también como el límite líquido y el índice de plasticidad donde se encuentran los cinco primeros datos están localizados sobre la base del análisis del tamaño de las partículas (granulometría).

Entre las propiedades indicadoras del suelo, de acuerdo con el objetivo del análisis de esta encuesta, se encuentra el análisis granulométrico, que es la base del procedimiento de clasificación de suelos, ya que permite primeramente la división de la parte gruesa fina. Asimismo, las características del tamaño de partícula del suelo tienen gran influencia en su comportamiento mecánico e influyen significativamente en la adecuada compactación del suelo (Bárraga & Cuervo, 2019). La firmeza o estabilidad de un suelo depende del número de huecos que tenga, aunque cuanto menor sea este, mejor comportamiento tendrá. Para garantizar que se minimicen los vacíos

en el suelo, el material debe tener un rango de volumen para que los vacíos creados al acomodar partículas más grandes puedan llenarse con partículas más pequeñas.

Esta demostración se usa para determinar el tamaño o diámetro de las partículas que componen el suelo, y existen varios métodos, dependiendo de la relación de tamaño más grande encontrada en la muestra que se examina. Para partículas gruesas, el procedimiento utilizado es el granulométrico mecánico o tamizado. Sin embargo, para partículas finas, dado que el tamizado es más difícil, se aplica el método de sifón o hidrómetro según la ley de Stokes (Bárraga & Cuervo, 2019).

En términos de cambios importantes en el tamaño de las partículas del suelo, no solo importa el tamaño característico de las partículas, sino también la proporción de cada fracción de muestra que se encuentra en él. Para determinar el origen del suelo, esto se hace mediante una breve revisión de las curvas granulométricas (Luna & Quispe, 2021). Las propiedades que dependen del tamaño de partícula son:

**Porosidad:** Estos suelos están asociados a una mayor proporción de aire por unidad de volumen, lo que se traduce en una menor compactación máxima. Consistentemente, la densidad del suelo está influenciada por el tamaño de partícula revelado por el suelo.

**Permeabilidad:** Estos suelos dependen del tamaño del espacio que dejan las partículas presentes en el suelo, y como tal, indican el movimiento y la velocidad del flujo del agua, y su desplazamiento. Las funciones de los suelos dependen de los espacios porosos en los que existen, modelados como filtros y sistemas de drenaje

**Esfuerzo cortante (ángulo de fricción interna):** Para resistir el esfuerzo cortante, las muestras de suelo tienen la capacidad de correlación de las partículas, que depende del tamaño de partícula presente en la muestra, y se ve especialmente afectada por factores intrínsecos, dependiendo del ángulo de fricción; se tendrán en

cuenta otros factores importantes e importantes, como los factores extrínsecos que sugieren un límite efectivo a la tensión, pueden existir o haber existido en el pasado.

Además de la curva jerárquica, se establecen dos criterios, a saber: coeficiente de homogeneidad ( $C_u$ ) y coeficiente de curvatura ( $C_c$ ). Para su cálculo se utiliza la variable ( $D_x$ ), la cual se dice que es el espacio que se encuentra entre partícula y partícula, que también se denomina: tamizar la luz transmitida a través de una determinada proporción de la muestra (Solís, 2017). Definiéndose el factor de homogeneidad como:

Formula 1: Coeficiente de Uniformidad

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Está claro que el elemento de homogeneidad está relacionado con el origen del suelo. Obsérvese que representan valores bajos ( $C_u$ ) que indican una distribución granulométrica muy uniforme, detectándose suelos con propiedades especiales como arena de playa o arena de viento con un menor factor de homogeneidad 2, aunque al otro lado del polo hay heterogeneidad del suelo (Solís, 2017). La fórmula para el coeficiente de curvatura se determina de la siguiente manera:

Formula 2: Coeficiente de curvatura

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60}D_{10}}$$

Visualmente, la curva granulométrica está representada por suelos bien graduados; este coeficiente varía de 1 a 3.

### 1.2.2. Permeabilidad

Es la espaciosidad que tiene un material definido para aceptar o facilitar que un líquido que fluya a través de él sin cambiar su composición interna, es decir, es permeable si pasa una cantidad significativa de líquido a través de él en un momento dado e impermeable si la cantidad de líquido es insignificante, por lo que la velocidad a la que el fluido pasa a través del material depende de tres factores principales que dependen de según Macías et al. (2018):

- porosidad volumétrica del material.
- densidad de un líquido afectada por su cambio de temperatura
- presión a la que se somete el líquido.

Por lo tanto, para que un material sea permeable, debe tener vacíos en sus partículas para permitir que el líquido sea absorbido, por lo tanto, estos espacios deben estar cerrados para que el líquido pase a través del material. (Macías et al. (2018)

Para el sistema de medición de permeabilidad, existen diferentes métodos para determinar la permeabilidad del suelo, los cuales pueden ser directos e indirectos, directos, ya que se basan en investigaciones para medir el grado de coeficiente de permeabilidad (permeabilidad constante, permeabilidad variable y ensayos directos in situ del suelo) e indirectos, ya que están equipados con ensayos y métodos secundarios para diversos fines (cálculo según la curva de granularidad, cálculo bajo el ensayo de consolidación, cálculo según el ensayo de capilaridad transversal (Muñoz et al., 2019)

Lo métodos directos se basan en ensayos de laboratorio sobre muestras o en ensayos de campos. Los métodos directos utilizan correlaciones entre características del suelo, lo cual constituyen los permeamientos que miden la permeabilidad de los suelos en laboratorio y el ensayo de bombeo realizado in-situ (Muñoz et al., 2019).

La permeabilidad del suelo está influenciada por una gran cantidad de factores, en algunos casos están relacionados con factores extremadamente locales, como ciertas grietas y cárcavas, y es bastante difícil determinar valores de permeabilidad representativos basados en mediciones reales, es por ello que el estudio de las estructuras del suelo proporciona la verificación necesaria de estas medidas, observando la consistencia, la textura, el color y manchas del suelo, los vacíos visibles, la ubicación y la profundidad de las capas impermeables, como cantos rodados y arcilla las cuales constituyen la base para determinar si las medidas de permeabilidad son representativas. (Macías et al., 2018).

Para las capas permeables del suelo, la permeabilidad del suelo generalmente se mide como la velocidad a la que el agua fluye a través del suelo durante un período de tiempo, generalmente expresada como la tasa de permeación en centímetros por hora (cm/h), milímetros por hora (mm/h) o centímetros por día (cm/d) o alternativamente el coeficiente de transmisión en metros por segundo (m/s) o centímetros por segundo (cm/s)(Macías et al., 2018).



Figura 2. Coeficiente de permeabilidad.

Fuente: Villalobos (2016)

Para fines agrícolas y ambientales, las capas permeables del suelo están respaldadas por el índice de permeabilidad y para la ingeniería civil, por el coeficiente de permeabilidad. (ver Cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Permeabilidad de los suelos para agricultura

| CLASES DE PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS | INDICE DE PERMEABILIDAD |                |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------|
|                                       | cm/hora                 | cm/día         |
| Muy lenta                             | menos de 0.13           | menos de 3     |
| Lenta                                 | (0.13 - 0.3)            | (03-dic)       |
| Moderadamente lenta                   | (0.5 - 2.0)             | (dic-48)       |
| Moderada                              | (2.0 - 6.3)             | (48 - 151)     |
| Moderadamente rápida                  | (6.3 - 12.7)            | (151 - 305)    |
| Rápida                                | (12.7 - 25)             | (305 - 600)    |
| Muy rápida                            | (mayor de 25)           | (mayor de 600) |

Fuente: Villalobos (2016).

Cuadro 2. Permeabilidad de los suelos para obras de ingeniería civil

| CLASE DE PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS | COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K en m/s) |                    |
|--------------------------------------|---|--------------------|
|                                      | Límite inferior                         | Límite superior    |
| Permeabilidad                        | $2 \times 10^{-7}$                      | $2 \times 10^{-1}$ |
| Semipermeable                        | $1 \times 10^{-11}$                     | $1 \times 10^{-5}$ |
| Impermeable                          | $1 \times 10^{-11}$                     | $5 \times 10^{-7}$ |

Fuente: Villalobos (2016).

Ley de Darcy: El flujo unidireccional de un líquido como el agua en un suelo saturado se puede expresar usando la ley empírica de Henry Darcy en 1856, un plomero francés que estudió las características de las propiedades del flujo de agua a través del filtro del material de arena variando la longitud de la muestra y la presión del agua, por lo que en sus experimentos y a un caudal suficientemente bajo llegó a la conclusión de que el caudal Q corresponde a la diferencia de carga hidráulica ( $h_1 - h_2$ ) y es inversamente proporcional a la distancia entre los dos flujos  $\Delta L$ . Entonces se sabía que la velocidad del flujo Q era proporcional al área de la sección transversal A. (Macías et al., 2018).

Darcy luego combinó todos estos descubrimientos para formar lo que se conoció como la Ley de Darcy.

Formula 3: Ley de Darcy

$$Q = -k \cdot \frac{(h_1 - h_2) \cdot A}{\Delta L}$$

Donde k es la constante de relación, denominada coeficiente de transmisión,  $i = (h_1 - h_2) / \Delta L$ , que es el cambio de la columna hidráulica dividida entre dos puntos, la relación se denomina gradiente hidráulico un signo negativo significa que el flujo se direcciona a la carga hidráulica (Macías et al., 2018).

### 1.2.3. Carbonato de calcio

Dentro de este marco la estabilización de los suelos se realiza por dos procesos: el primer procedimiento se trata de la compactación mecánica del suelo, lo que aumenta la densidad del suelo, y el segundo método consiste en tomar una muestra de un determinado tamaño de grano y mezclarla con otro material que no tenga estas propiedades. Para realizar la estabilización de suelos se incorporan técnicas de recuperación de suelos, las cuales son útiles para estabilizar la estructura del suelo. Cabe señalar que para que se aplique la enmienda del suelo, la compactación se convierte en un método de mejora del suelo a través de una amplia gama de métodos de aplicación. (Betancourt et al., 2007).

En cuanto al carbonato de calcio dicho elemento viene a ser un compuesto químico ternario, así pues, viene a estar formado por tres componentes específicos como: el Calcio, Carbono y Oxígeno; constituido por la fórmula química  $\text{CaCO}_3$ . En efecto viene a considerarse una sustancia muy abundante en la naturaleza debido a que es el componente principal de algunas rocas, así mismo de los esqueletos, valvas de ciertos organismos al igual que los corales y conchas, también la cascara de huevo.

El carbonato de calcio, o piedra caliza, es una roca sedimentaria formada por una serie de partículas comúnmente distribuidas en los sedimentos geológicos y ha sido utilizada a lo largo de la historia como material de construcción, aglomerante y en la agricultura para mejorar la acidez del suelo. Generalmente se considera cal agrícola (cal agrícola) a cualquier sustancia que contiene calcio o magnesio (Mg) y tiene la capacidad de neutralizar la acidez. (International Plant Nutrition Institute, 2018). Cabe señalar que variedad de materiales pueden ser categorizados como cal agrícola.

En relación a las propiedades químicas del carbonato de calcio se tiene:

- Cal/Calcita: Esto es carbonato de calcio [CaCO<sub>3</sub>]. El elemento es mayoritariamente insoluble en agua, pero su solubilidad aumenta en condiciones ácidas (contiene un máximo de 40% Ca)
- Dolomita: Es carbonato de calcio y magnesio [Ca•Mg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], elemento que es en gran parte insoluble en agua, pero su solubilidad aumenta en condiciones ácidas (contiene de 2 a 13% de Mg.).
- Cal hidratada: Es hidróxido de calcio [Ca(OH)<sub>2</sub>], elemento que es relativamente insoluble en agua, formando así una solución con pH > 12. La cal viva es óxido de calcio [CaO] la cual reacciona con el agua para formar cal hidratada.

El carbonato de calcio se puede en tratamiento de suelos en diversos grados o cantidades, según el propósito en sí. El carbonato de calcio es uno de los materiales de sustrato más utilizados, además de su uso en la construcción, también se aplica en muchos campos diferentes, como el control de la contaminación del aire, aguas residuales, sistemas de tratamiento de agua potable y estabilizadores de suelos, así como antiácidos, cosméticos y medicamentos, por lo que se utilizan pequeñas cantidades para la mejora del suelo y el secado temporal. Cierta procesamiento crea un trabajo para la construcción de caminos temporales. Por lo tanto, un mayor grado de tratamiento, respaldado por métodos apropiados de investigación, diseño y construcción, asegura la estabilidad estructural permanente del suelo. (Altaminaro & Diaz, 2018).

Cabe señalar que este es el propósito de este estudio, ya que la investigación y la metodología sobre el diseño de la capa de suelo estabilizado está disponible en muchos lugares, pero este método de estabilización de suelo no se utiliza realmente en el territorio del Perú. Esta técnica es relativamente nueva. Cabe señalar que el uso de carbonato de calcio para drenaje, estabilización permanente y

mejoramiento temporal de suelos no se limita a la construcción de carreteras.

La estabilización con carbonato de calcio aumenta la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, lo que resulta en un aumento de la tasa de utilización de la cal, la temperatura de fraguado, el tiempo transcurrido y el grado de fragmentación del suelo. De esta manera, también se aumenta la humedad de compactación óptima, de modo que los suelos con un alto contenido de humedad natural puedan lograr una compactación adecuada. También se supone que la densidad Proctor máxima del suelo estabilizado con cal es menor que la del suelo original. La optimización no importa mucho debido a las mejoras anteriores realizadas con la función de estabilidad (Luna & Quispe, 2021).

### 1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la correlación del carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad?

### 1.4. Justificación e importancia del estudio

La presente investigación poseyó justificación teórica, debido a que las variables carbonato de calcio y determinación de la permeabilidad cuentan con el sustento bibliográfico necesario para ser abordadas, lo que fue de utilidad para la contrastación desarrollada en la discusión de los resultados obtenidos en el trabajo de campo y laboratorio, ello con el propósito de generar las conclusiones finales.

Por otra parte, se contó con justificación metodológica, pues la investigación se rigió en todo momento bajo el método científico además de las normas técnicas SUCS, por lo que se cumplió con cada uno de los aspectos que estos demandan a la hora de desarrollar trabajos de este tipo, por lo que es posible asegurar la veracidad y la confiabilidad tanto de los contenidos como los resultados elaborados por la investigadora.

Como último punto sobre la justificación, la presente responde a un requerimiento de carácter socio-práctico, dado que la investigadora empleó sus conocimientos de ingeniería civil referentes a la permeabilidad de suelos para tratar la problemática descrita sobre la Provincia de Lambayeque para aportar con información de utilidad para las instituciones que lo requieran y futuros proyectos de construcción.

Finalmente, en cuanto a la importancia de la investigación, esta se debió a que entrega, mediante sus resultados y conclusiones, información que es de utilidad para atender el problema sobre la permeabilidad de los suelos granulares en la Provincia de Lambayeque, lo que da paso a que en futuras investigaciones se planteen alternativas de solución teniendo en consideración lo encontrado aquí o que se aborden realidades similares a las que se plantean en este informe, haciendo que este sirva como marco de referencia.

#### 1.5. Hipótesis

Existe correlación inversa y significativa entre el carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad de la Provincia de Lambayeque.

## 1.6. Objetivos

### 1.6.1. Objetivo general

Determinar la correlación del carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad de la Provincia de Lambayeque.

### 1.6.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis granulométrico de los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque.
- Determinar el nivel porcentual de carbonato de calcio en los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque.
- Determinar la permeabilidad de los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque.

## II. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

#### **Tipo de investigación:**

La presente investigación fue aplicada en cuanto a su propósito, pues busca atender una problemática presente en la realidad. Asimismo, este estudio fue de tipo cuantitativo, debido a que siguió una serie de procedimientos sistemáticos de manera secuencial con fines probatorios, valiéndose de la estadística para medir y analizar las variables en un determinado contexto con el propósito de extraer conclusiones (Snyder, 2019).

#### **Diseño de investigación:**

En esta investigación se empleó un diseño experimental, de corte transversal y nivel correlacional, se dice que fue experimental, dado que se efectuó la manipulación deliberada de las variables definidas para este estudio. En cuanto a su corte, fue transversal puesto que la recolección de datos se llevó a cabo en un momento establecido, dicho de otro modo, se realizó una única medición en cada unidad de análisis. Por último, se trató de un estudio correlacional, debido a que se buscó establecer la relación entre las variables carbonato de calcio y permeabilidad (Hernández & Mendoza, 2019).

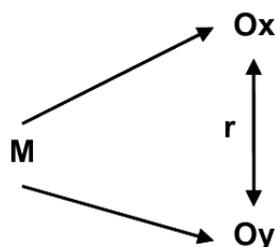


Figura 3. Diagrama del diseño de investigación.

Fuente: Snyder (2019).

Donde:

M = Muestra

Ox = Observación sobre la variable independiente permeabilidad

Oy = Observación sobre la variable dependiente carbonato de calcio  
r = Relación entre las variables estudiadas

## 2.2. Población y muestra

### **Población:**

Referente a la población del estudio, se consideró a todo el territorio de la Provincia de Lambayeque, la cual se encuentra en el departamento con el mismo nombre en la parte norte del Perú; sobre su área superficial esta mide 9 365 km<sup>2</sup> y se encuentra conformada por 12 distritos como se puede visualizar a continuación:

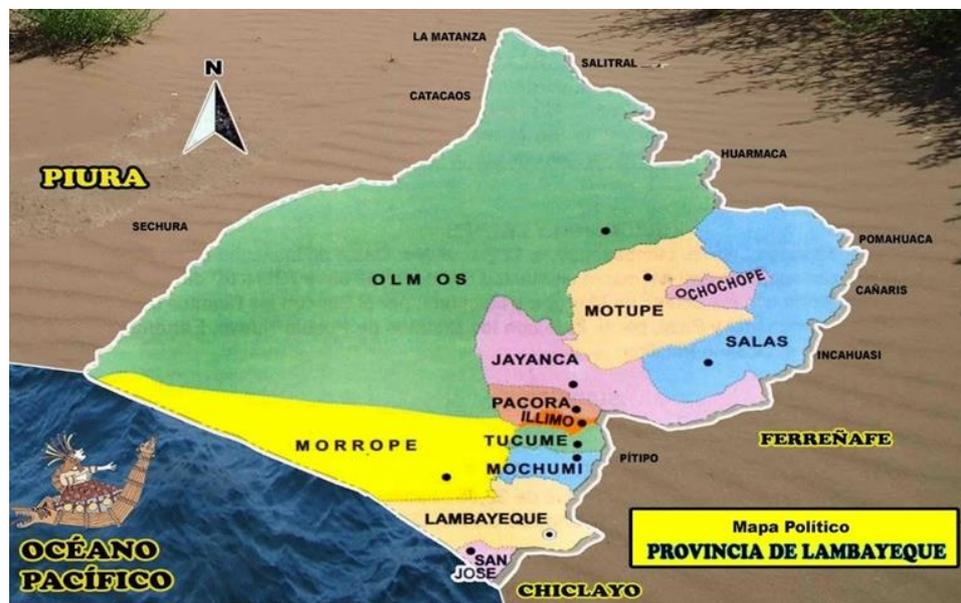


Figura 4. Mapa político de la Provincia de Lambayeque

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

### **Muestra:**

En la presente investigación se extrajo muestras representativas de cada distrito perteneciente a la Provincia de Lambayeque, siendo en total 12 muestras de los distritos de: Morrope, Lambayeque, San José, Mochumi, Tucume, Íllimo, Pacora, Jayanca, Salas, Chochope, Motupe y Olmos. Es este sentido, es necesario indicar que la muestra se obtuvo mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia.

Sobre la identificación de las zonas de estudio para los suelos granulares de la ciudad de Lambayeque, esta se dio mediante la elección de zonas con suelos esencialmente granulares, por lo que en laboratorio se determinaron sus principales características físicas para poner establecer en sí, si estos suelos evaluados son granulares.

Tabla 1. Ubicación de las muestras

| Muestra | Lugar      | Coordenadas |        |
|---------|------------|-------------|--------|
|         |            | Norte       | Este   |
| 01      | Morrope    | 9275801     | 609639 |
| 02      | Lambayeque | 9258171     | 620460 |
| 03      | San José   | 9251307     | 613916 |
| 04      | Mochumi    | 9270453     | 623246 |
| 05      | Túcume     | 9282220     | 625541 |
| 06      | Íllimo     | 9286675     | 626660 |
| 07      | Pacora     | 9289946     | 628725 |
| 08      | Jayanca    | 9294319     | 632184 |
| 09      | Salas      | 9300569     | 636867 |
| 10      | Chochope   | 9300869     | 636867 |
| 11      | Motupe     | 9319085     | 643757 |
| 12      | Olmos      | 9337621     | 640069 |

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se muestra la ubicación en coordenadas UTM de los distritos escogidos para la extracción de muestras las cuales fueron analizadas en laboratorio siguiendo los procedimientos antes descritos.

### 2.3. Variables y operacionalización

**Variable independiente:** Carbonato de calcio

**Variable dependiente:** Permeabilidad

Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente

| VARIABLE            | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL  | DIMENSIÓN                           | ESCALA DE MEDICIÓN |
|---------------------|--|---|-------------------------------------|--------------------|
| Carbonato de calcio | Es un compuesto químico ternario, es decir formado por tres elementos distintos: Calcio, Carbono y Oxígeno; representado por la fórmula química $\text{CaCO}_3$ (Altaminaro & Diaz, 2018). | Se determinó medir el carbonato de calcio a través de su nivel porcentual en cada una de las 12 muestras, para lo cual se consideró una sola repetición por muestra, siendo así empleada en su recolección de datos las técnica observación y análisis documental con sus instrumentos la guía y la ficha, respectivamente. | Nivel porcentual de $\text{CaCO}_3$ | Porcentaje (%)     |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente

| VARIABLE      | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIÓN                        | ESCALA DE MEDICIÓN |
|---------------|--|--|----------------------------------|--------------------|
| Permeabilidad | Propiedad que tiene el suelo para transmitir el agua y el aire a través de sus partículas (Carhuanambo, 2016). | Se estableció medir la permeabilidad en base al coeficiente k considerando 3 alturas para las 12 muestras, cada una de las alturas contará con 3 repeticiones, los mismos de los que se recopilaron datos a través de las técnicas observación y análisis documental, con sus respectivas guías y ficha como instrumentos. | Coeficiente de permeabilidad (k) | m/s                |

Fuente: Elaboración propia.

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

Las técnicas y sus respectivos instrumentos contemplados en el trabajo de recolección de datos sobre las variables estudiadas, se determinaron de la siguiente manera:

Tabla 4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

| <b>Técnicas</b>     | <b>Instrumentos</b>          |
|---------------------|------------------------------|
| Observación         | Guía de observación          |
| Análisis documental | Ficha de análisis documental |

Fuente: Elaboración propia.

##### **Técnicas:**

**Observación:** Es la actividad de visualizar un fenómeno que se pretende investigar con el fin de recabar información para efectuar su procesamiento (Hurtado, 2020).

**Análisis documental:** Es aquella que posibilita la identificación, el recojo y el análisis de documentos para conseguir información de las variables abordadas (Hurtado, 2020).

##### **Instrumentos:**

**Guía de observación:** Se define como la herramienta empleada por el investigador para indicar de los aspectos más relevantes de las variables investigadas (Gómez, 2021).

**Ficha de análisis documental:** Es el medio material en el que se reúnen de forma ordenada los hallazgos encontrados en documentos, siendo en este caso los reportes de laboratorio (Gómez, 2021).

##### **Validez:**

Los instrumentos fueron validados dentro de laboratorio mediante la supervisión de un ingeniero con experiencia (experto) en la temática

abordada, por lo que se establece que estos fueron válidos para recoger los datos.

**Confiabilidad:**

No fue realizada la confiabilidad de los instrumentos dado que los datos considerados en los resultados fueron hallados por medio de laboratorio.

2.5. Procedimientos de análisis de datos

En esta investigación, como primer paso fueron efectuadas las calicatas con el propósito de caracterizar los suelos a fin de determinar aquellos de tipo granuloso para poder tomarlos como muestra, siendo necesario realizar esto a través del análisis granulométrico. Posterior a la selección de las doce muestras (una para cada distrito de la Provincia de Lambayeque), se identificó el carbonato de calcio presente en estos bajo fórmulas en el laboratorio. Seguidamente, la permeabilidad se halló mediante un promedio en base a tres alturas de cada muestra, teniendo para cada una tres repeticiones, todo este trabajo se hizo teniendo en cuenta una corrección a 20°C, asimismo se consideró lo siguiente:

**Determinación del coeficiente de permeabilidad mediante Ensayo del Permeámetro de carga constante,** El dispositivo utilizado para esta prueba se denomina permeámetro (medidor de permeabilidad), un dispositivo compuesto por un cilindro de acrílico, cuyo diámetro mínimo es aproximadamente 8-12 veces el tamaño máximo de partícula según las normas técnica ASTM, en cuanto a la norma BS especifica un valor de 12 veces el tamaño máximo de partícula de la muestra ensayada, en caso contrario este medidor de permeabilidad dispone de dos manómetros en escala métrica para medir la pérdida de carga, ya que se coloca en el centro del cilindro a una intervalo igual al diámetro del cilindro.

La norma BS incluso proporciona un tercer manómetro de presión intermedia para garantizar una relación de gradiente hidráulico

uniforme (lineal), el permeámetro tiene dos piedras cilíndricas permeables en los extremos inferior y superior, incluso son responsables de sujetar la muestra, evitando la transferencia de partículas, en algunos casos también es importante el uso de un filtro para evitar el paso de ciertos materiales, como los materiales finos no retenidos por piedras porosas, estas piedras son más permeables que la muestra de suelo para evitar ralentizar el drenaje.

Por otro lado, la especificación técnica ASTM sugiere el uso de un resorte en la parte superior entre la tapa del permeámetro y la piedra porosa para garantizar que la muestra mantenga la densidad original en el transcurso de la saturación de la muestra, mientras que, el resorte no debe soportar cargas mayores a 5kg, la norma BS considera la utilización de un pinzón en vez de un resorte para ajustar o regular la posición de la piedra porosa superior.

Este método se ha llevado a cabo de acuerdo con la norma (ASTM D-2434, 2006), que describe detalladamente los procedimientos para la determinación de coeficientes de permeabilidad para flujo laminar a través de suelos granulares, que no contienen mucho más del 10% de partículas que pasen por la rejilla ASTM N° 200, para este fin el ensayo se realizará en condiciones de flujo laminar, para lo cual se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Durante la fase de saturación y posteriormente, el flujo debe continuar sin cambiar el volumen del suelo.
- Se recomienda la utilización de agua desairada para que los vacíos de las muestras se mantengan saturadas con agua dentro de la misma ya que el uso de agua de la llave puede provocar la formación de una gran cantidad de burbujas de aire, lo que reduce el caudal a través de la muestra y, por lo tanto, afecta el valor del coeficiente de permeabilidad.
- Para medir la pérdida de carga  $h$ , esta se debe realizar cuando se alcance el caudal establecido.

Se debe considerar una proporcionalidad directa de la velocidad de flujo con los gradientes hidráulicos siendo estos menores de ciertos valores críticos, así mismo la norma ASTM también recomienda valores del gradiente hidráulico de 0,2 y 0,3 para muestras sueltas y de 0,3 a 0,5 para muestras densas. en cambio, para la norma británica BS, se sugieren valores iniciales para gradientes hidráulicos en torno a 0,2, por lo que se recomienda un ligero aumento para suelos finos y densos, teniendo en cuenta gradientes hidráulicos importantes del orden de 0,8 y 1,1. tomando en cuenta que con estos valores se iniciará un flujo turbulento.

Cuadro 3. Diámetro mínimo del Permeámetro

| Tamaño máximo de partícula<br>entre aberturas<br>de tamices | Diámetro mínimo del cilindro |        |                |        |
|---|------------------------------|--------|----------------|--------|
|   | % retenido <35%              |        | %retenido >35% |        |
|   | 2.0 mm                       | 9.5 mm | 2.0 mm         | 9.5 mm |
| 2.0 mm y 9.5 mm   | 75 mm                        |        | 115 mm         |        |
| 9.5 mm y 19 mm  |                              | 150 mm |                | 230 mm |

Fuente: ASTM D-2434 (2006)

Con este cálculo se determina el coeficiente de permeabilidad basándose en la aplicación de la ley de Darcy, puesto que se formula con la siguiente expresión:

Fórmula 4. Coeficiente de permeabilidad

$$k = \frac{Q \cdot L}{A \cdot \Delta H}$$



Figura 5. Permeámetro utilizado en ensayo

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

**Válvula de alimentación**, Esta es la válvula que está integrada en la parte superior del medidor de permeabilidad, donde se une una manguera que se conectará al estanque del suministro de agua.

**Válvula de salida**, Consta de una válvula en la parte inferior del aparato del permeámetro, a la que se conecta la manguera a la que se realizara el drenaje del líquido, además, la etapa de saturación la realiza el mismo elemento.

**Estanque de alimentación**, aparato cilíndrico con un diámetro de casi 50 cm y una capacidad de 10 litros, en la parte superior incluye

con una entrada para poder suministrar el agua, además por medio de este conducto es conectado una bomba de vacío para quitar al aire atrapado por el agua, de igual modo que en la parte inferior posee una válvula donde es suministrada el agua des aireada a la válvula de alimentación.

**Cuerpo metálico**, este lado metálico consta de dos elementos en la parte superior e inferior del permeámetro , conectado por 4 barras con tuercas para confinar la muestra.

Cuadro 4. Dimensiones del Permeámetro

| Dimensiones             | Permeámetro pequeño | Permeámetro ASTM |
|-------------------------|---------------------|------------------|
| Altura (cm)             | 6.6                 | 18.6             |
| Diámetro (cm)           | 6.35                | 11.4             |
| Área cm <sup>2</sup>    | 31.67               | 102.07           |
| Volumen cm <sup>3</sup> | 209                 | 1898             |

Fuente: ASTM D-2434 (2006)

Para finalizar, después del trabajo laboratorio los resultados conseguidos fueron llenados a la herramienta estadística SPSS y Microsoft Excel con el motivo de su procesamiento, sintetizándose la información trascendental que permitió responder tanto los objetivos como las hipótesis planteadas, siendo requerido establecer estadísticamente la correlación entre el carbonato de calcio y la permeabilidad, lo cual se presentó en el apartado de los resultados íntegros en tablas y figuras, los mismos que para culminar se discutieron con lo que se generaron las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

## 2.6. Criterios éticos

Dentro de este estudio, en todo momento se consideraron y respetaron los criterios éticos que deben seguir las investigaciones como expresa Resala & Iglesias (2020):

**Beneficencia:** Esta investigación fue elaborada con una intención de provecho para la sociedad en general y la comunidad científica, pues

atendió una problemática a fin de entregar información que pueda ser de utilidad para los grupos antes mencionados.

Justicia: Durante todo el trabajo de investigación fueron respetadas las normas técnicas y las perspectivas de los diversos autores contemplados dentro del presente informe, por lo que cada bibliografía se referencio debidamente.

Autonomía: Este estudio se mantuvo dentro de los lineamientos del método científico, por lo que se respetaron cada una de sus etapas, pues fueron indispensables para culminar el abordaje de las variables investigadas, permitiendo garantizar su objetividad.

## 2.7. Criterios de rigor científico

De acuerdo con Resala & Iglesias (2020), este estudio cumplió con los siguientes criterios de rigor científico:

Credibilidad: Este estudio mostró evidencia necesaria para garantizar su veracidad en cuanto al trabajo de campo y laboratorio, así como los resultados que desprenden de ellos.

Transferibilidad: Lo obtenido en los resultados son producto de una labor compleja y minuciosa, por lo que fueron omitidas generalizaciones sobre los datos o la incidencia de criterios ajenos a las variables tratadas que puedan alterar lo hallado.

Dependencia: Se efectuó una labor exhaustiva durante el trabajo de recolección y procesamiento de los datos, por lo cual los resultados mostrados dependen de cómo se desarrollaron las muestras frente a las distintas evaluaciones realizadas.

Confirmabilidad: La investigadora tuvo una perspectiva neutral en lo que respecta al desarrollo de esta investigación, por lo que manteniendo las directrices aquí expuestas se puede llegar a resultados semejantes.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados en tablas y figuras

**De acuerdo al objetivo específico 1:** Realizar el análisis granulométrico de los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque.

El análisis granulométrico fue obtenido de 12 muestras de suelo (12 distritos de la Provincia de Lambayeque) estas fueron tamizado a través de un conjunto de mallas normadas por la ASTM.



Figura 6. Muestras de estudio

Fuente: Elaboración propia.

#### **Procedimiento en laboratorio para el análisis granulométrico**

1. Se colocó 300 gr de arena en las mallas correspondientes (N° 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200), se colocó la muestra en cada malla, agitándolas en un solo sentido; después se removió las partículas restantes con el cepillo.



Figura 7. Procedimiento del análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia.

2. Posteriormente se pesó el material retenido por cada una de las mallas.



Figura 8. Pesado del material retenido

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se obtuvieron los siguientes resultados respecto al análisis granulométrico de las 12 muestras de la Provincia de Lambayeque:

Tabla 5. Características granulométricas

| Muestra | PORCENTAJE QUE PASA |              | DIAMETROS CARACTERISTICOS |                 |                 |
|---------|---------------------|--------------|---------------------------|-----------------|-----------------|
|         | Malla N°4           | Malla N° 200 | D <sub>10</sub>           | D <sub>30</sub> | D <sub>60</sub> |
|         | 01                  | 100.00       | 0.15                      | 0.120           | 0.150           |
| 02      | 100.00              | 0.36         | 0.110                     | 0.150           | 0.180           |
| 03      | 100.00              | 0.39         | 0.110                     | 0.150           | 0.180           |
| 04      | 100.00              | 0.02         | 0.280                     | 0.310           | 0.400           |
| 05      | 100.00              | 0.01         | 0.150                     | 0.260           | 0.400           |
| 06      | 100.00              | 0.52         | 0.260                     | 0.350           | 0.500           |
| 07      | 100.00              | 0.06         | 0.130                     | 0.190           | 0.300           |
| 08      | 99.84               | 0.11         | 0.110                     | 0.310           | 0.500           |
| 09      | 99.86               | 0.16         | 0.130                     | 0.180           | 0.300           |
| 10      | 100.00              | 0.04         | 0.240                     | 0.340           | 0.500           |
| 11      | 99.85               | 0.02         | 0.250                     | 0.380           | 0.570           |
| 12      | 97.55               | 0.09         | 0.190                     | 0.300           | 0.540           |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Clasificación según SUCS

| <b>Muestra</b> | <b>Coficiente de uniformidad<br/><math>C_u</math></b> | <b>Coficiente de curvatura<br/><math>C_c</math></b> | <b>Clasificación SUCS</b> | <b>Denominación</b> |
|----------------|---|---|---------------------------|---------------------|
| <b>01</b>      | 1.58  | 0.99  | SP                        | Arena Mal graduada  |
| <b>02</b>      | 1.90  | 1.18  | SP                        | Arena Mal graduada  |
| <b>03</b>      | 1.64  | 1.14  | SP                        | Arena Mal graduada  |
| <b>04</b>      | 1.42  | 0.80  | SP                        | Arena Mal graduada  |
| <b>05</b>      | 2.70  | 1.13  | SP                        | Arena Mal graduada  |
| <b>06</b>      | 1.92  | 0.94  | SP                        | Arena Mal graduada  |
| <b>07</b>      | 2.31  | 0.93  | SP                        | Arena Mal graduada  |
| <b>08</b>      | 4.55  | 1.75  | SP                        | Arena Mal graduada  |
| <b>09</b>      | 2.31  | 0.83  | SP                        | Arena Mal graduada  |
| <b>10</b>      | 2.08  | 0.96  | SP                        | Arena Mal graduada  |
| <b>11</b>      | 2.28  | 1.01  | SP                        | Arena Mal graduada  |
| <b>12</b>      | 2.84  | 0.88  | SP                        | Arena Mal graduada  |

Fuente: Elaboración propia.

En las 12 muestra se encontró que la arena es mal graduada, es decir los suelos de la provincia de Lambayeque son una mezcla de grava y arena con poco o nada de finos, con lo cual se puede afirmar que los suelos del lugar de estudio son granulares dado que, de acuerdo a la teoría, los suelos granulares están compuestos de partículas de grava y arena.

**De acuerdo al objetivo específico 2:** Determinar el nivel porcentual de carbonato de calcio en los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque.

Para determinar el nivel porcentual de calcio se aplicó la siguiente fórmula, obteniendo los siguientes resultados:

Fórmula 5. Porcentaje de carbonato de calcio

$$\%CaCO_3 = \frac{1(ml\ HCL \times N - mlNaOH \times N)1 \times 0.05 \times 100}{Muestra}$$

Donde: 0.05 = Meq químico del carbonato de calcio CaCO<sub>3</sub>  
100 = Para obtener en porcentaje.

Tabla 7: Nivel porcentual del carbonato de calcio

| MUESTRA | HCL | NaOH  | Muestra | %CaCO <sub>3</sub> |
|---------|-----|-------|---------|--------------------|
| 01      | 20  | 19.16 | 2.5     | 1,68               |
| 02      | 20  | 19.75 | 2.5     | 0,5                |
| 03      | 20  | 19.81 | 2.5     | 0,38               |
| 04      | 20  | 19.26 | 2.5     | 1,48               |
| 05      | 20  | 19.74 | 2.5     | 0,52               |
| 06      | 20  | 19.96 | 2.5     | 0,08               |
| 07      | 20  | 19.64 | 2.5     | 0,72               |
| 08      | 20  | 19.01 | 2.5     | 1,98               |
| 09      | 20  | 19.02 | 2.5     | 1,96               |
| 10      | 20  | 19.15 | 2.5     | 1,7                |
| 11      | 20  | 19.21 | 2.5     | 1,58               |
| 12      | 20  | 19.3  | 2.5     | 1,4                |

Fuente: Elaboración propia.

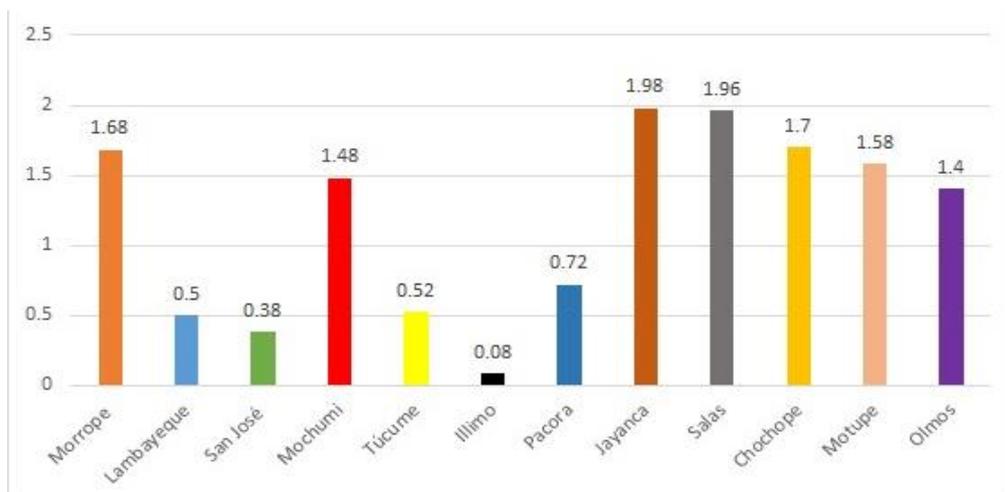


Figura 9. Porcentaje de CaCO<sub>3</sub>

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó el nivel porcentual de carbonato de calcio en las 12 muestras del suelo, hallándose así el menor nivel porcentual de calcio en la muestra 6 (Íllimo) con un valor de 0,08, y el mayor nivel porcentual de calcio en la muestra 8 (Jayanca) con un valor de 1,98.

**De acuerdo al objetivo específico 3:** Determinar la permeabilidad de los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque.

- Las pruebas se realizaron de acuerdo con la norma ASTM D-2434, lo que garantiza las condiciones básicas para las diferentes pruebas de ensayo. Primero, el cilindro de acrílico se une a la base metálica, comprobando que no existan fugas de agua.
- Luego se coloca la muestra dentro del cilindro.
- Una vez alcanzada la densidad deseada, se alisa la superficie y se coloca encima la piedra porosa, a continuación, se coloca el resorte y en seguida la tapa del permeámetro uniéndola con las barras, reforzando con las tuercas el resto del permeámetro.
- Durante la etapa de saturación, el medidor de permeabilidad se conectará a la válvula de entrada a través de la manguera conectada al tanque de alimentación.

- Continuamente se abrirá la válvula del tanque para permitir que el agua fluya hasta llegar al permeámetro y así circular a través del muestreo de capilaridad.
- Posteriormente se conectan las mangueras manométricas al cilindro, percatando de que no contengan burbujas en ellos, dejando que el agua fluya en un tiempo aproximado de 20 a 30 minutos.
- Para comprobar la saturación se procede a cerrar la válvula de salida observando que los diferentes niveles en los manómetros se ubiquen en un mismo nivel del agua.
- seguidamente se inicia la etapa de carga hidráulica sobre la muestra, abriendo la válvula de salida en el permeámetro, variando de esta manera, la presión por medio de la válvula de entrada o variando la altura del tanque de alimentación.
- Posteriormente se miden las diferencias de altura estabilizando el flujo del agua, accediendo a las pérdidas de carga  $\Delta h$ .
- Asimismo, se mide el tiempo necesario para llenar la probeta graduada y luego se pesa en una balanza digital para determinar la masa de agua que atraviesa la muestra.
- Este procedimiento se realizó para diferentes cargas hidráulicas y densidades de material, durante el cual se mide la temperatura del agua a la que se realiza el ensayo
- Con la documentación del ensayo, se evaluó el coeficiente de permeabilidad  $k$  la cual se estima mediante siguiente ecuación:

$$k = \frac{Q \cdot L}{A \cdot \Delta H}$$

- Por último, se rectifica la permeabilidad adquirida a la temperatura del ensayo a través de la siguiente figura, obteniendo los siguientes resultados:

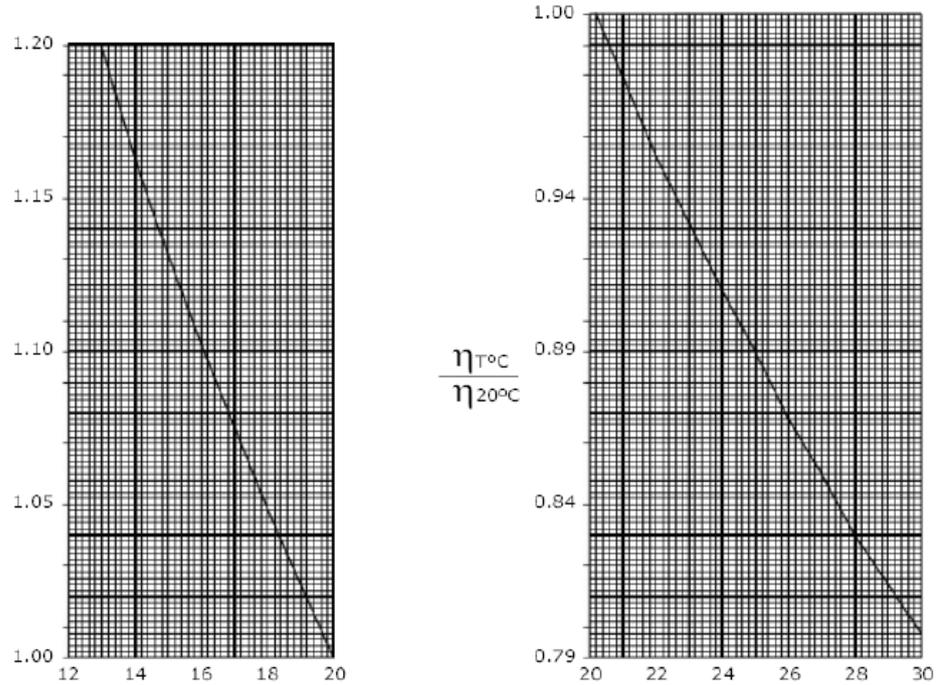


Figura 10. Factor de corrección por temperatura °C

Tabla 8. Permeabilidad

| Muestra  | Permeabilidad |          |
|----------|---------------|----------|
|          | K tx°c        | Kt20°c   |
| 1        | 0,00819       | 0,00816  |
| 2        | 0,01010       | 0,01007  |
| 3        | 0,01013       | 0,01010  |
| 4        | 0,00831       | 0,00828  |
| 5        | 0,00959       | 0,00956  |
| 6        | 0,01022       | 0,01019  |
| 7        | 0,00938       | 0,00935  |
| 8        | 0,00732       | 0,00730  |
| 9        | 0,00779       | 0,00777  |
| 10       | 0,00814       | 0,00811  |
| 11       | 0,00821       | 0,00818  |
| 12       | 0,00846       | 0,00844  |
| Promedio | 0,00882       | 0,008792 |

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el nivel de permeabilidad se empleó el cuadro 2 sobre las clases de permeabilidad de los suelos, presentado en el apartado de teorías relacionadas al tema, el cual se utiliza para ingenierías:

De acuerdo a esta tabla se determinó que el promedio del K tx°c = 0,00882 y el promedio del Kt20°c = 0,008792, razón por la cual se puede afirmar que los suelos de la provincia de Lambayeque son semipermeables.

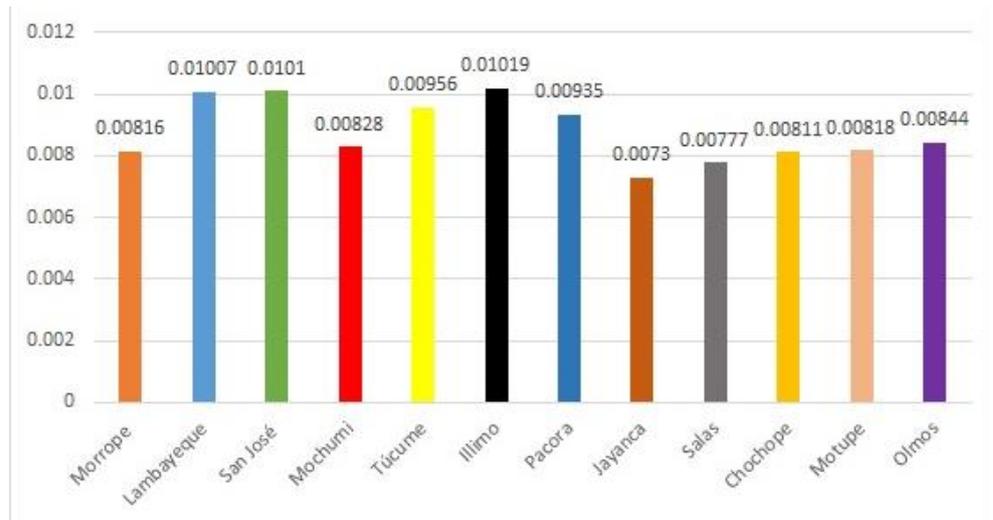


Figura 11. Permeabilidad

Fuente: Elaboración propia.

**De acuerdo al objetivo general:** Determinar la correlación del carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad en la Provincia de Lambayeque.

### Prueba de hipótesis

#### Hipótesis general

A fin de poder contrastar la hipótesis general, es elemental primero precisar si los datos que corresponden a las series del carbonato de calcio y la permeabilidad poseen comportamiento paramétrico o no paramétrico, por consecuencia y en vista que las series de ambos datos son en cantidad menor a 30, se procedió mediante el estadígrafo de shapiro wilkal al análisis de normalidad conforme a la regla de decisión:

*Si  $p_{valor} \leq 0,05$  los datos tienen un comportamiento no paramétrico*

*Si  $p_{valor} \geq 0,05$  los datos tienen un comportamiento paramétrico*

Tabla 9. Prueba de normalidad de las variables en estudio

|                  | Shapiro - Wilk |    |      |
|------------------|----------------|----|------|
|                  | Estadístico    | gl | Sig. |
| Carbonato calcio | ,093           | 12 | ,000 |
| Permeabilidad    | ,101           | 12 | ,000 |

Fuente: Elaboración propia.

En relación a los resultados de la prueba de normalidad se puede observar que la muestra adquiere un comportamiento no paramétrico designando una distribución no normal, de modo que se aplicó el estadístico de Rho de Spearman.

Prueba de hipótesis general:

Ha: Existe correlación inversa y significativa entre el carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad en la Provincia de Lambayeque.

Ho: No existe correlación inversa y significativa entre el carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad en la Provincia de Lambayeque.

Regla de decisión

Si el p valor es  $> 0,05$  se acepta la Hipótesis Nula ( $H_0$ ).

Si el p valor  $< 0,05$  se rechaza la Hipótesis Nula, por lo tanto, se acepta la Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ).

Tabla 10. Correlación entre el carbonato de calcio y la permeabilidad

|                 |                             | Carbonato de calcio | Permeabilidad |
|-----------------|-----------------------------|---------------------|---------------|
| Rho de Spearman | Coefficiente de correlación | 1,000               | -, 985        |
|                 | Sig. (bilateral)            | .                   | ,000          |
|                 | N                           | 12                  | 12            |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a esta tabla se muestra correlación negativa muy alta entre el carbonato de calcio y permeabilidad (a mayor carbonato de calcio menor permeabilidad), mediante el análisis estadístico Rho de Spearman se obtuvo el coeficiente de -0.985 (correlación inversa muy alta), y un p valor igual a 0,000 ( $p\text{-valor} \leq 0.05$ ), rechazando de ese modo la hipótesis nula y aceptando la alterna, afirmando así que: Existe correlación inversa y significativa entre el carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad en la Provincia de Lambayeque.

### 3.2. Discusión de resultados

Respecto al objetivo específico 1, realizar el análisis granulométrico de los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque, se obtuvo por medio del análisis granulométrico que las 12 muestras de suelo (12 distritos de la Provincia de Lambayeque) contempladas como muestra para esta investigación, se clasifican por SUCS como SP lo que se denomina como arena mal graduada, es decir estos suelos son una mezcla de grava y arena con poco o nada de finos, con lo cual se puede afirmar que los suelos del lugar de estudio son granulares dado que, de acuerdo a la teoría, los suelos granulares están compuestos de partículas de grava y arena. Los resultados antes mencionados coinciden con los hallazgos que se denotaron en la investigación de Coronado (2019), el cual indica en base al análisis granulométrico que los valores hallados definieron que la clasificación según SUCS para muestras estudiadas se relacionan al suelo no cohesivo del tipo SP, en otros términos pertenecen a una arena mal gradada, así mismo, Sánchez & Huanio (2017) en su estudio concluyen que la granulometría adecuada del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) es equivalente de 0.125mm; refiriendo que el carbonato de calcio conseguida de la cascara de huevo tiende a mejorar de manera significativa al suelo. En cuanto a lo teórico, es necesario mencionar que Villalaz (2004) muestra que los suelos granulares se distribuyen de acuerdo al material que pasa por la

malla o tamiz de 3" = 75 mm; y se denominan suelos "finos" cuando pasa más del 50% por el tamiz número 200. Si no se acontece de esta manera, el material se denomina como suelo "granular" por lo que se clasifica como grava o arena. Los suelos granulares se designan con el símbolo G (grava) cuando un porcentaje mayor o igual al 50% es retenido en el T4 y se considera S (arena) en caso el 50% o más pasen el T4. Considerado todo lo descrito, se establece que los suelos de la Provincia de Lambayeque son arena es mal graduada, conformado principalmente por grava y arena, pudiéndose afirmar que dichos suelos poseen características de tipo granular.

Respecto al objetivo específico 2, determinar el nivel porcentual de carbonato de calcio en los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque, se determinó el nivel porcentual de carbonato de calcio en las 12 muestras del suelo, hallándose así el menor nivel porcentual de calcio en la muestra 6 (Íllimo) con un valor de 0,08, y el mayor nivel porcentual de calcio en la muestra 8 (Jayanca) con un valor de 1,98 con esto encontrando que el carbonato de calcio ayuda a reducir la permeabilidad. Los resultados encontrados guardan relación con los hallados por Lemboye et al. (2021) quien manifiesta que el carbonato de calcio precipitado ( $\text{CaCO}_3$ ) dentro del espacio poroso del suelo producía una reducción del 61 % en la permeabilidad del suelo, así mismo, los resultados hallados guardan relación con la investigación de Aguilar (2019) quien concluye que la aplicación del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) u otras fuentes de sales de calcio mejora químicamente a los suelos de la zona de Montúfar. Por otra parte, teóricamente resulta importante señalar lo que menciona el International Plant Nutrition Institute (2018), este afirma que el carbonato de calcio está formado por tres elementos que son calcio, oxígeno y carbono definidos como compuestos químicos ternarios; expuesta por la fórmula química  $\text{CaCO}_3$ , sustancia abundante en la naturaleza y principal componente de esqueletos, rocas, valvas de organismos como conchas y corales, incluido la

casca de huevo, además, el carbonato de calcio puede ser utilizado para tratar los suelos, en diferentes grados o cantidades, en función del objetivo, el carbonato de calcio es uno de los materiales terrestres más empleados. Considerado todo lo descrito, se determinó que los 12 distritos de la Provincia de Lambayeque cuentan con carbonato de calcio en sus suelos en diferentes proporciones.

Respecto al objetivo específico 3, determinar la permeabilidad de los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque, se halló que el promedio del  $K_{tx^{\circ}c} = 0,00882$  y el promedio del  $K_{t20^{\circ}c} = 0,008792$ , razón por la cual se puede afirmar que los suelos estudiados son semipermeables. Los resultados antes mencionados coinciden con el hallazgo de Fuentes (2021), pues en su investigación encontró en un primer momento que la permeabilidad del terreno natural era poco permeable ( $3.57 \times 10^{-5}$ ); así mismo, estos resultados se asemejan a lo obtenido en la tesis de Condori & Gonzales (2021), los cuales indican con respecto al objeto estudiado que este tuvo el rango de “muy baja permeabilidad”; por último estos resultados difieren del estudio de Gutierrez (2019), pues en cuanto al objeto de estudio se determinó que el coeficiente de permeabilidad según la norma ACI 522R-10 tuvo una mayor capacidad de infiltración con 18.48mm/s. En cuanto a lo teórico, es necesario mencionar que según Macías et al. (2018) la permeabilidad se caracteriza por tener la capacidad de permitir que un fluido lo atraviese sin alterar composición, cuando el material es permeable si da paso a que atraviese una cierta cantidad de fluido en un tiempo determinado, e impermeable si la cantidad de fluido no atraviesa el material. Además Villalobos (2016) indica respecto a la permeabilidad de los suelos para obras de ingeniería civil que se considera semipermeable cuando los valores se encuentran entre el límite inferior  $1 \times 10^{-11}$  y el límite superior  $1 \times 10^{-5}$ . Considerado todo lo descrito, se señala que los suelos granulares de los 12 distritos de la Provincia de Lambayeque son en semipermeables en líneas generales.

Respecto al objetivo general, determinar la correlación del carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad de la Provincia de Lambayeque, se determinó que existe correlación inversa y significativa entre el carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad en la Provincia de Lambayeque es decir a mayor carbonato de calcio menor permeabilidad. Los resultados encontrados son similares con los de Condori & Gonzales (2021) quienes observaron una reducción significativa de la permeabilidad en las losas de concreto con la adición de un 6% de ceniza de carbón, lo que resultó en un nivel muy bajo de permeabilidad" en comparación con las losas aligeradas patrón conocidas como "permeabilidad moderada", así mismo, los resultados encontrados en la presente investigación guardan relación con los de Fuentes (2021) quien en su estudio determinó que la Permeabilidad del Terreno Natural con baja permeabilidad paso a ser casi impermeable al emplear la Cal Viva y Proes más Cemento. Se debe tener en cuenta que si los suelos son arcillosos se aplica la permeabilidad de carga variable, de este modo, resulta importante mencionar la investigación de Palmer & Pulido (2020) quienes en su estudio manifiestan que los resultados de concreto dieron positivos utilizando bacterias bacillus sphaericus y bacillus subtilis en diferentes dosificaciones, los resultados del concreto son positivos, así mismo, Tumbajulca (2019) en su estudio manifiesta que lo que influye en el mejoramiento de subrasante son las conchas de abanico triturado, incrementando su máxima densidad seca haciéndolos menos permeables. Por otra parte, teóricamente resulta importante señalar lo que menciona Macías et al. (2018) quien indica que la permeabilidad resulta ser la capacidad que tiene un material seleccionado para dejar que un fluido lo recorra sin alterar su composición, sé entiende que un material permeable deja pasar una cantidad apreciable de fluido en un tiempo determinado, caso contrario es impermeable si no deja pasar el fluido sobre él, bajo el mismo contexto, Luna & Quispe (2021) señalan que la estabilización

con el carbonato de calcio produce en el suelo una disminución en la permeabilidad, que incrementa con la proporción de cal utilizada, la temperatura de curado, el tiempo transcurrido y la disgregación que se haya conseguido del suelo. Considerado todo lo descrito, se muestra correlación negativa muy alta entre el carbonato de calcio y permeabilidad (a mayor carbonato de calcio menor permeabilidad), por medio del análisis estadístico Rho de Spearman.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

#### **Conclusión general**

- Se determinó que existe correlación negativa muy alta y significativa entre el carbonato de calcio y permeabilidad (a mayor carbonato de calcio menor permeabilidad), este determinado por medio del análisis estadístico Rho de Spearman con un valor de -0.985.

#### **Conclusiones específicas**

- Se realizó el análisis granulométrico donde encontró que la arena es mal graduada, es decir los suelos de la provincia de Lambayeque son una combinación de grava y arena con poco o nada de finos, con lo cual se puede afirmar que los suelos del lugar de estudio son granulares dado que, de acuerdo a la teoría, los suelos granulares están compuestos de partículas de grava y arena.
- Se determinó el nivel porcentual de carbonato de calcio donde se encontraron los siguientes porcentajes: en la muestra 1 = 1,68; en la muestra 2 = 0,5; en la muestra 3 = 0,38; en la muestra 4 = 1,48; en la muestra 5 = 0,52; en la muestra 6 = 0,08; en la muestra 7 = 0,72; en la muestra 8 = 1,98; en la muestra 9 = 1,96; en la muestra 10 = 1,7; en la muestra 11 = 1,58; en la muestra 12 = 1,4.
- Se determinó la permeabilidad de los suelos granulares de la provincia de Lambayeque, encontrándose diferentes valores en las 12 muestras de estudio, hallando así un promedio del  $K_{tx^{\circ}c} = 0,00882$  y el promedio del  $K_{t20^{\circ}c} = 0,008792$ , de acuerdo a ello se puede afirmar que los suelos de la provincia de Lambayeque estudiados son semipermeables.

#### 4.2. Recomendaciones

Se recomienda a las organizaciones competentes y futuros investigadores emplear esfuerzos con el objetivo de profundizar en el uso de carbonato de calcio como un agregado para reducir la permeabilidad de los diversos tipos de suelos, con especial énfasis en los que son de tipo granular pues de acuerdo a lo expuesto en los resultados del presente estudio, este producto parece ayudar a alcanzar efectos favorables para dicho propósito, lo cual sería de utilidad para tratar realidades problemáticas semejantes a la descrita sobre la Provincia de Lambayeque y sus distritos, donde se destaca que aún se siguen realizando irresponsablemente construcciones sin efectuar un análisis de suelos apropiado.

## REFERENCIAS

Aguilar, M. (2019). *Incidencia de la aplicación del carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) como enmienda química en suelos de las comunidades Canchaguano, El Capulí, La Delicia y Fernández Salvador, pertenecientes al Cantón Montúfar, Provincia del Carchi*. Universidad Técnica de Babahoyo.

Altaminaro, G., & Diaz, A. (2018). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San isidro del Pegón, municipio Potosí - Rivas*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Anzola, O., Chaves, S., & Anzola, D. (2019). Evaluación de propiedades permeables de suelos artificiales con contenidos de caolín y carbonato de calcio en condición saturada y parcialmente saturada. *Universidad Piloto de Colombia*, 4.  
<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5502/Articulo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Bagriacik, B., Kabir, Z., Masume, F., Sundus, E., & Dincer, S. (2021). Propiedades de ingeniería del mejoramiento de suelos arenosos con *Bacillus Simplex*. *Research Square*, 1. <https://assets.researchsquare.com/files/rs-340338/v1/cc0595d0-fa36-4808-bb11-3110cbb4fdcb.pdf?c=1631880402>

Bárraga, C., & Cuervo, H. (2019). *Análisis de comportamiento físico mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanco a un suelo arenoso-arcilloso* [Universidad Piloto de Colombia Sección Alto Magdalena].  
[http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6488/ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO FISICO-MECANICO DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ DE VARIEDAD BLANCO A UN SUELO ARENO ARCILLOSO 10-10-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6488/ANÁLISIS%20DEL%20COMPORTAMIENTO%20FISICO-MECANICO%20DE%20LA%20ADICIÓN%20DE%20CENIZA%20DE%20CASCARILLA%20DE%20ARROZ%20DE%20VARIEDAD%20BLANCO%20A%20UN%20SUELO%20ARENO%20ARCILLOSO%2010-10-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Betancourt, D., Martirena, F., Day, R., & Diaz, Y. (2007). Influencia de la adición de carbonato de calcio en la eficiencia energética de la producción de ladrillos de cerámica roja. *Revista ingeniería de construcción*, Vol. 22(3), 187–196.

Carhuanambo, J. (2016). *Propiedades mecánicas y físicas del adobe*

*compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca 2016.* Universidad Privada del Norte.

Clasificación de suelos con propósitos de ingeniería en Perú, (1999). <https://dokumen.tips/documents/ntp-339134-1999-metodos-clasificacion-suelos-sucs.html>

Condori, J., & Gonzales, E. (2021). *Reducción de la permeabilidad con la adición de 6% de ceniza de carbón, en losas aligeradas de concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>* [Universidad Peruana Unión]. [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4738/Jhon\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4738/Jhon_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Coronado, O. (2019). Estabilización de suelos granulares no cohesivos de Lambayeque aplicando bacterias calcificantes. *Universidad Señor de Sipán*, 12. <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/1250/1081>

Fuentes, J. (2021). *Análisis comparativo en el mejoramiento de subrasante e impermeabilización entre el uso del aditivo iónico proes y la cal viva en zonas urbanas no pavimentadas de la ensenada VIII del distrito de Pimentel, 2019* [Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4304>

Gómez, G. (2021). Métodos y técnicas de investigación utilizados en los estudios sobre comunicación en España. *Revista Mediterránea*, 12, 115–127. [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/111189/1/ReMedCom\\_12\\_01\\_09\\_es.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/111189/1/ReMedCom_12_01_09_es.pdf)

Gutierrez, C. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y Ventajas comparativas del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de calcio.* Universidad Ricardo Palma.

Gutierrez, V. (2019). *Resistencia a la compresión y permeabilidad de un concreto permeable sustituyendo 20 Y 40% de cemento por vidrio molido y conchas de abanico.* Universidad San Pedro.

Gutierrez, W. (2011). Aplicación de las Normas: E.050 Suelos y Cimentaciones y CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes. *Seminario de Promoción de la Normatividad y Gestión para Edificaciones Seguras y*

Saludables.

<http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2011/puno/4>.

INGENIERIA GEOTECNICA EN EDIFICACIONES.pdf

Hernández, R., & Mendoza, C. (2019). *Metodología de la investigación* (1a ed.). McGRAW-HILL.

Hurtado, F. (2020). Fundamentos Metodológicos de la Investigación: El Génesis del Nuevo Conocimiento. *Revista Scientific*, 5, 99–119. <https://www.redalyc.org/journal/5636/563662985006/html/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf)

International Plant Nutrition Institute. (2018). *Carbonato de calcio*. Fuentes de nutrientes específicos. [http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/0248CCB8DFC442E985257BBA0059D03A/\\$FILE/NSS-ES-18.pdf](http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/0248CCB8DFC442E985257BBA0059D03A/$FILE/NSS-ES-18.pdf)

Ivanova, E. (2020). *Estabilización de suelos con bacterias Sporosarcina Pasteurii* [Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/182137>

Lemboye, K., Almajed, A., & Hamid, W. (2021). Permeability investigation on sand treated using enzyme-induced carbonate precipitation and biopolymers. *Innov. Infrastruct. Solut.*, 6. <https://link.springer.com/article/10.1007/s41062-021-00530-z#citeas>

Lozano, W. (2018). *Suelos: Guía de prácticas simplificadas en campo y laboratorio* (1era edici). Universidad Piloto de Colombia.

Luna, E., & Quispe, G. (2021). *Fibras de agave americana tratada con óxido de calcio en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de pavimentos rígidos en la ciudad de Cusco*. Universidad Continental.

Macías, A., Carvajal, D., Cobos, D., Fienco, B., Peralta, J., & Zambrano, J. (2018). *Mecánica de Suelos: Tomo I*. 3Ciencias.

Montejo, A., Montejo, A., & Montejo, A. (2019). *Estabilización de suelos*. Ediciones de la U. <https://books.google.com.pe/books?id=MzSjDwAAQBAJ&lpg=PA2&pg=PA2#v=onepage&q&f=false>

Muñoz, V., Álvarez, J., Asedegbega, E., & Pérez, M. (2019). *Gestión y conservación de aguas y suelos*. Editorial UNED.

Organización Panamericana de la Salud. (2018). *Reconstrucción y Gestión de Riesgo*. Organización Panamericana de la Salud. [https://www.paho.org/cub/dmdocuments/RED\\_VIV\\_Caracteristicas\\_ciudades\\_peruanas.pdf](https://www.paho.org/cub/dmdocuments/RED_VIV_Caracteristicas_ciudades_peruanas.pdf)

Palmer, M., & Pulido, I. (2020). *Aplicación de bacterias Bacillus Pseudofirmus para mejorar las propiedades del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en San Martín de Porres, 2020* [Universidad Cesar Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58141/Palmer\\_LMA-Pulido\\_VID-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58141/Palmer_LMA-Pulido_VID-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ponce, M., & Gambaudo, S. (2019). Carbonatos. En *Minerales para la Agricultura en Latinoamérica*. Universidad Nacional de San Martín. <http://www.unsam.edu.ar/publicaciones/tapas/cyted/parte1.pdf>

Quispe, H., & Salazar, K. (2021). *Influencia de la aplicación de cloruro de calcio y melaza de caña en vías no pavimentadas, Lurigancho Chosica 2021* [Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81584>

Resala, G., & Iglesias, G. (2020). *Elaboración de tesis, tesinas y trabajos finales: diferentes modalidades, pautas metodológicas, indicadores de evaluación*. Noveduc libros.

Rui, J. (2020). *Teoría unificada de estructuras y cimientos: Una mirada transversal*. Reverte. <https://books.google.com.pe/books?id=nYYHEAAAQBAJ&lpg=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>

San Bartolomé, Á., Quiun, D., & Silva, W. (2020). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Fondo Editorial de la PUCP.

<https://books.google.com.pe/books?id=4H3ZDwAAQBAJ&lpg=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>

Sanchez, E., & Huanio, L. (2017). *Determinación de la granulometría óptima del carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo para el mejoramiento de suelos ácidos del valle del Santa* [Universidad Nacional del Santa].

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2984/46309.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.

Solís, I. (2017). *Diseño del sistema de riego del canal de Laynes del distrito de Jayanca, provincia Lambayeque, región Lambayeque*. Universidad Particular de Chiclayo.

Solminihaq, H., & Thenoux, G. (2017). *Procesos y técnicas de construcción*. Ediciones Universidad Católica de Chile.

Tolentino, A. (2018). *Permeabilidad del suelo con adición del 10% de ceniza de concha de abanico, Carretera Cambio Puente- Cascajal* [Universidad San Pedro].  
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7979?show=full>

Tumbajulca, M. (2019). *Influencia de usar conchas de abanico triturado para mejorar la sub rasante en la Av. Jesús de Nazareth, Trujillo 2019* [Universidad Cesar Vallejo].  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/46915/Tumbajulca\\_LM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/46915/Tumbajulca_LM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Ediciones Limusa.

Villalobos, F. (2016). *Mecánica de suelos*. Editorial UCSC.

## ANEXOS

### Anexo 01: Matriz de consistencia interna lógica

| PROBLEMA  | OBJETIVOS   | HIPÓTESIS   | VARIABLES           | DIMENSIONES  | METODOLOGIA                                     |
|---|---|---|---------------------|--|---|
| ¿Cuál es la correlación del carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad? | General:  | Existe correlación inversa y significativa entre el carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad de la Provincia de Lambayeque. | Variable 1          | Coeficiente de permeabilidad (k)                                     | Tipo de Investigación:<br>Aplicada-cuantitativa |
|   | Determinar la correlación del carbonato de calcio en suelos granulares para la determinación de la permeabilidad de la Provincia de Lambayeque. |   | Permeabilidad       |  |   |
|   | Específicos:  |   | Variable 2          | Nivel porcentual de CaCO <sub>3</sub>                                | Población:<br>Provincia de Lambayeque           |
|   | Realizar el análisis granulométrico de los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque.   |   | Carbonato de calcio |  |   |
| Determinar el nivel porcentual de carbonato de calcio en los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque.   |   |   |                     | Técnicas:<br>Observación<br>Análisis documental                      |   |
| Determinar la permeabilidad de los suelos granulares de la Provincia de Lambayeque.                             |   |   |                     | Instrumentos:<br>Guía de observación<br>Ficha de análisis documental |   |

# Anexo 02: Granulometría de muestras

## Análisis Granulométrico Chochope



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Morrope, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-1 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |          | Ensayo de Límite de Atterberg  |          |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|--|----------|
| Nº Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Que pasa | Retenido |  |          |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0    | Límite líquido (LL)  | N.P. (%) |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0    | Límite Plástico (LP)   | N.P. (%) |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0    | Índice Plástico (IP)   | N.P. (%) |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0    |  |          |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0    |  |          |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0    |  |          |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0    |  |          |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0    |  |          |
| Nº 4                                 | 4.750         | 0.0                   | 100.0    |  |          |
| Nº 10                                | 2.000         | 0.1                   | 99.9     |  |          |
| Nº 20                                | 0.850         | 0.8                   | 99.2     |  |          |
| Nº 40                                | 0.425         | 13.2                  | 86.8     |  |          |
| Nº 60                                | 0.250         | 23.3                  | 76.7     |  |          |
| Nº 140                               | 0.106         | 62.4                  | 37.6     | Clasificación (S.U.C.S.) : SP<br>Descripción del suelo : Arena pobremente graduada |          |
| Nº 200                               | 0.075         | 99.5                  | 0.5      | Clasificación (AASHTO) : A-3 (0)<br>Descripción :                                  |          |
| Distribución granulométrico          |               |                       |          |  |          |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0                   | 0.0      |  |          |
|                                      | G. F %        | 0.0                   |          |  |          |
| % Arena                              | A.G %         | 0.1                   | 99.5     |  |          |
|                                      | A.M %         | 13.1                  |          |  |          |
|                                      | A.F %         | 86.3                  |          |  |          |
| % Arcilla y Limo                     |               | 0.5                   | 0.5      | Clasificación (AASHTO) : A-3 (0)<br>Descripción :                                  |          |
| Total                                |               |                       | 100.0    |  |          |
| Contenido de Humedad                 |               |                       | 0.93     |  |          |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |               |                       |          |  |          |
|                                      |               |                       |          |  |          |

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Observación :  
 - Muestreo realizado por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

M.Sc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Análisis Granulométrico Morrope



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

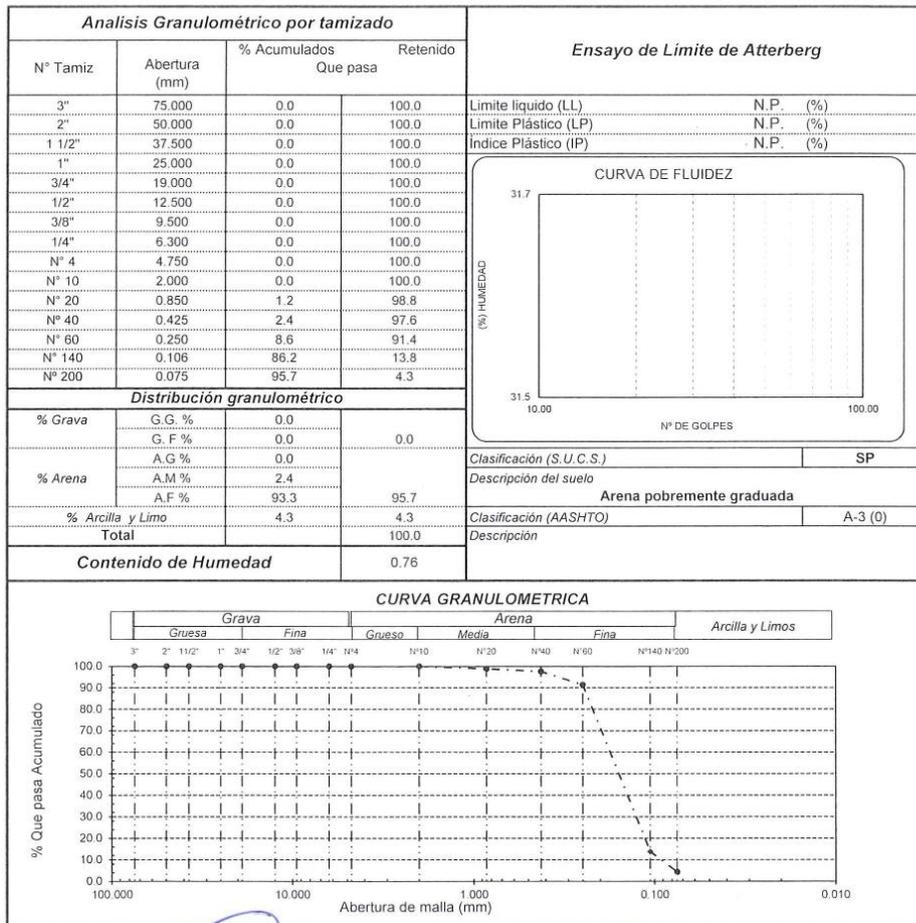
Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Lambayeque, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-2

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00-1.50m



Observación:  
 - Muestreo realizado por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 USS

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Análisis Granulométrico Lambayeque



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. San Jose, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-3

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |          | Ensayo de Límite de Atterberg |  |   |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|-------------------------------|--|---|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Que pasa | Retenido |                               |  |   |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0    | Límite líquido (LL)           | N.P. (%)   |   |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0    | Límite Plástico (LP)          | N.P. (%)   |   |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0    | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%)   |   |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |  |   |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |  |   |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0    |                               |  |   |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0    |                               |  |   |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0    |                               |  |   |
| N° 4                                 | 4.750         | 0.2                   | 99.8     |                               |  |   |
| N° 10                                | 2.000         | 1.2                   | 98.8     |                               |  |   |
| N° 20                                | 0.850         | 5.9                   | 94.1     |                               |  |   |
| N° 40                                | 0.425         | 18.0                  | 82.0     |                               |  |   |
| N° 60                                | 0.250         | 65.7                  | 34.3     |                               |  |   |
| N° 140                               | 0.106         | 93.5                  | 6.5      |                               |  |   |
| N° 200                               | 0.075         | 96.9                  | 3.1      |                               |  |   |
| Distribución granulométrica          |               |                       |          | CURVA DE FLUIDEZ              |  |   |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0                   | 0.2      |                               | Clasificación (S.U.C.S.) : SP<br>Descripción del suelo : Arena pobremente graduada |   |
|                                      | G.F. %        | 0.2                   |          |                               |  |   |
| % Arena                              | A.G. %        | 1.0                   | 96.7     |                               |  | Clasificación (AASHTO) : A-3 (0)<br>Descripción : |
|                                      | A.M. %        | 16.8                  |          |                               |  |   |
|                                      | A.F. %        | 78.9                  |          |                               |  |   |
| % Arcilla y Limo                     |               | 3.1                   | 3.1      |                               |  |   |
| <b>Total</b>                         |               |                       | 100.0    |                               |  |   |
| <b>Contenido de Humedad</b>          |               |                       |          | 0.98                          |  |   |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |               |                       |          |                               |  |   |
|                                      |               |                       |          |                               |  |   |

Observación:  
 - Muestreo realizado por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 I.E.C.E. I.E.M. - I.I.S.S.

# Análisis Granulométrico San José



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. San Jose, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-4 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |                           | Ensayo de Limite de Atterberg |          |                          |  |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------|--------------------------|--|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Retenido |                           |                               |          |                          |  |
|                                      |               | Que pasa              |                           |                               |          |                          |  |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0                     | Limite liquido (LL)           | N.P. (%) |                          |  |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0                     | Limite Plástico (LP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0                     | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| N° 4                                 | 4.750         | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| N° 10                                | 2.000         | 0.1                   | 99.9                      |                               |          |                          |  |
| N° 20                                | 0.850         | 0.6                   | 99.4                      |                               |          |                          |  |
| N° 40                                | 0.425         | 2.4                   | 97.6                      |                               |          |                          |  |
| N° 60                                | 0.250         | 10.5                  | 89.5                      |                               |          |                          |  |
| N° 140                               | 0.106         | 91.1                  | 8.9                       |                               |          |                          |  |
| N° 200                               | 0.075         | 96.8                  | 3.2                       |                               |          |                          |  |
| Distribución granulométrico          |               |                       |                           |                               |          | Clasificación (S.U.C.S.) |  |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0                   | 0.0                       |                               |          | SP                       |  |
|                                      | G.F. %        | 0.0                   |                           |                               |          | Descripción del suelo    |  |
| % Arena                              | A.G. %        | 0.1                   | Arena pobremente graduada |                               |          |                          |  |
|                                      | A.M. %        | 2.3                   | Clasificación (AASHTO)    |                               |          |                          |  |
|                                      | A.F. %        | 94.4                  | A-3 (0)                   |                               |          |                          |  |
| % Arcilla y Limo                     |               | 3.2                   | 3.2                       | Descripción                   |          |                          |  |
| Total                                |               | 100.0                 | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| Contenido de Humedad                 |               |                       | 0.63                      |                               |          |                          |  |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |               |                       |                           |                               |          |                          |  |
|                                      |               |                       |                           |                               |          |                          |  |

Observación:

- Muestreo realizado por el Solicitante

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Análisis Granulométrico Túcume

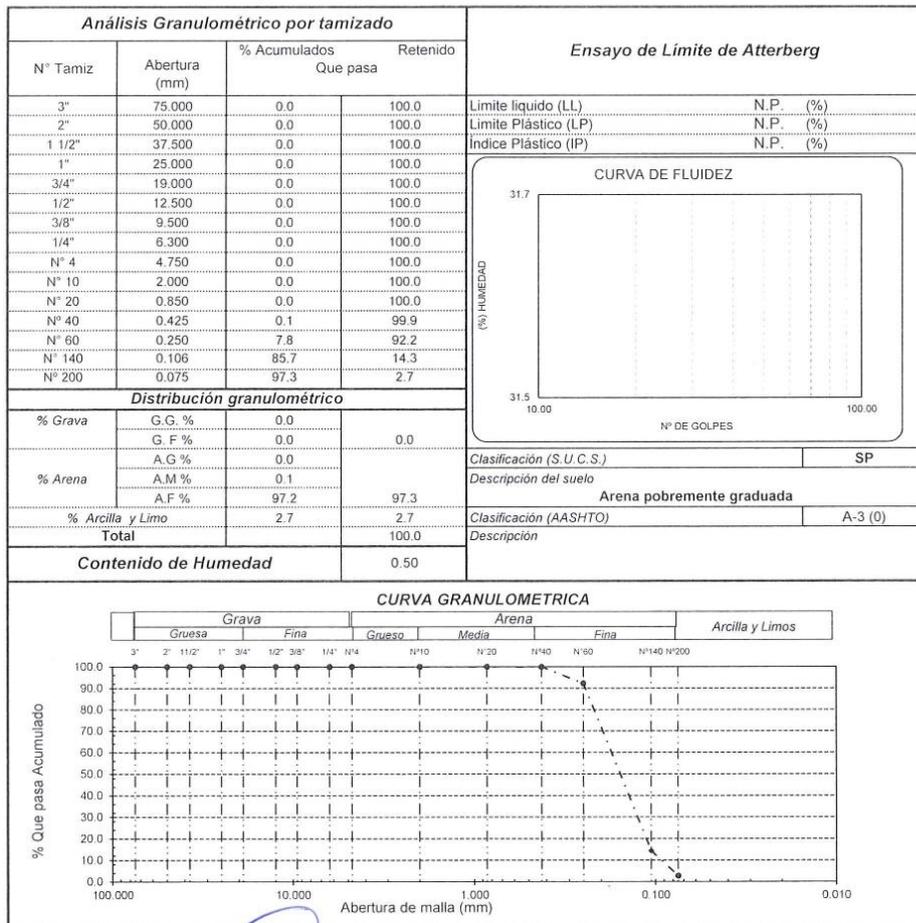


FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Túcume, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-5 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m



Observación: - Muestreo realizado por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES USS

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 Ing. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

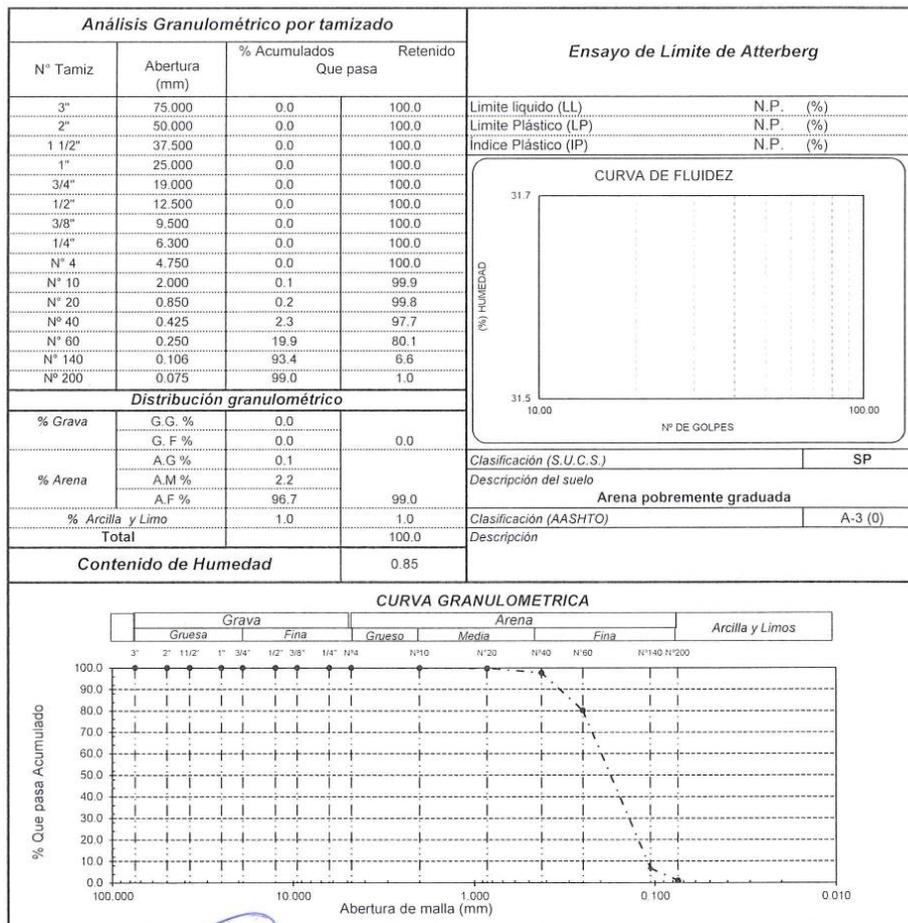
# Análisis Granulométrico Íllimo



Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Íllimo, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-6 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m



Observación :  
 - Muestra realizado, por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Análisis Granulométrico Pacora



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Pacora, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-7 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |          | Ensayo de Limite de Atterberg |          |                           |  |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|-------------------------------|----------|---------------------------|--|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Que pasa | Retenido |                               |          |                           |  |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0    | Limite liquido (LL)           | N.P. (%) |                           |  |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0    | Limite Plástico (LP)          | N.P. (%) |                           |  |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0    | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%) |                           |  |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                           |  |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                           |  |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                           |  |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                           |  |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                           |  |
| N° 4                                 | 4.750         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                           |  |
| N° 10                                | 2.000         | 0.1                   | 99.9     |                               |          |                           |  |
| N° 20                                | 0.850         | 0.2                   | 99.8     |                               |          |                           |  |
| N° 40                                | 0.425         | 3.5                   | 96.5     |                               |          |                           |  |
| N° 60                                | 0.250         | 36.2                  | 63.8     |                               |          |                           |  |
| N° 140                               | 0.106         | 94.2                  | 5.8      |                               |          |                           |  |
| N° 200                               | 0.075         | 96.8                  | 3.2      |                               |          |                           |  |
| Distribución granulométrico          |               |                       |          |                               |          | Clasificación (S.U.C.S.)  |  |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0                   |          |                               |          | SP                        |  |
|                                      | G.F. %        | 0.0                   | 0.0      |                               |          | Descripción del suelo     |  |
| % Arena                              | A.G. %        | 0.1                   |          |                               |          | Arena pobremente graduada |  |
|                                      | A.M. %        | 3.4                   |          | Clasificación (AASHTO)        |          |                           |  |
|                                      | A.F. %        | 93.3                  | 96.8     | A-3 (0)                       |          |                           |  |
| % Arcilla y Limo                     |               | 3.2                   | 3.2      | Descripción                   |          |                           |  |
| Total                                |               |                       | 100.0    |                               |          |                           |  |
| Contenido de Humedad                 |               |                       | 0.64     |                               |          |                           |  |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |               |                       |          |                               |          |                           |  |
|                                      |               |                       |          |                               |          |                           |  |

Observación: - Muestreo realizado por el Solicitante

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Análisis Granulométrico Jayanca



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

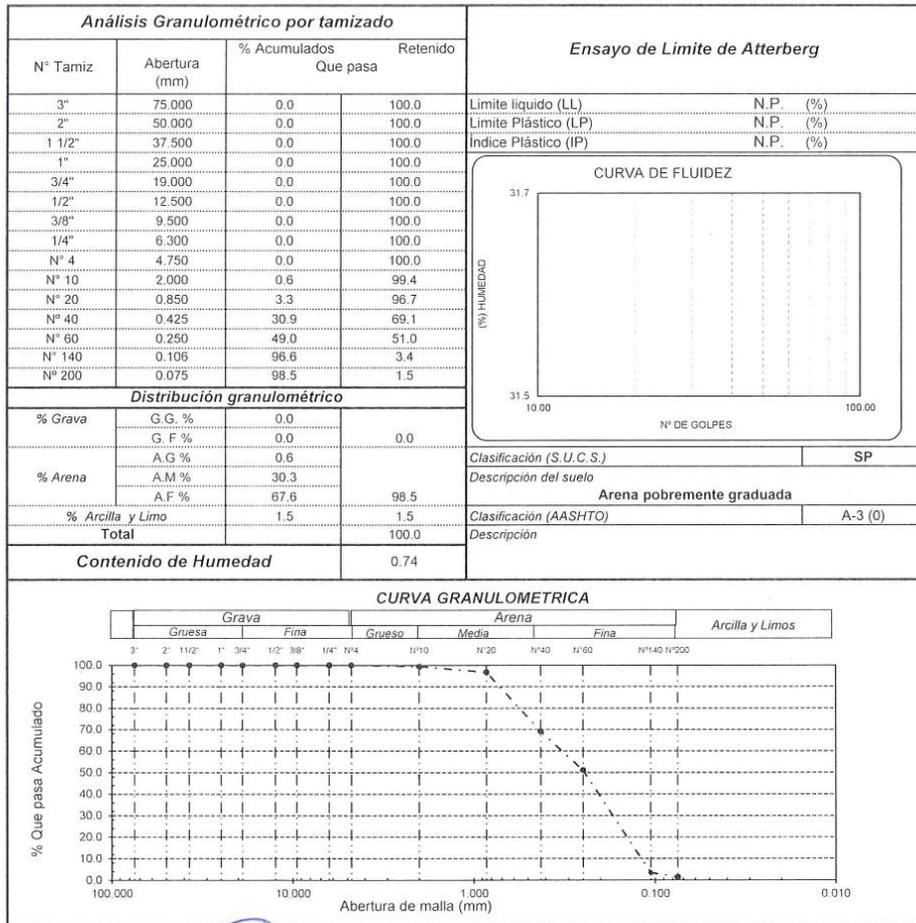
Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Jayanca, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-8

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00-1.50m



Observación: Muestra realizada, por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 Msc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Análisis Granulométrico Salas



Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Salas, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127 : 1998

Calicata : C-9 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |                           | Ensayo de Límite de Atterberg |          |                          |  |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------|--------------------------|--|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Que pasa | Retenido                  |                               |          |                          |  |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0                     | Límite líquido (LL)           | N.P. (%) |                          |  |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0                     | Límite Plástico (LP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0                     | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| N° 4                                 | 4.750         | 0.0                   | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| N° 10                                | 2.000         | 0.9                   | 99.1                      |                               |          |                          |  |
| N° 20                                | 0.850         | 3.0                   | 97.0                      |                               |          |                          |  |
| N° 40                                | 0.425         | 5.1                   | 94.9                      |                               |          |                          |  |
| N° 60                                | 0.250         | 10.2                  | 89.8                      |                               |          |                          |  |
| N° 140                               | 0.106         | 92.8                  | 7.2                       |                               |          |                          |  |
| N° 200                               | 0.075         | 96.6                  | 3.4                       |                               |          |                          |  |
| Distribución granulométrica          |               |                       |                           |                               |          | Clasificación (S.U.C.S.) |  |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0                   | 0.0                       |                               |          | SP                       |  |
|                                      | G.F. %        | 0.0                   |                           |                               |          | Descripción del suelo    |  |
| % Arena                              | A.G. %        | 0.9                   | Arena pobremente graduada |                               |          |                          |  |
|                                      | A.M. %        | 4.2                   | Clasificación (AASHTO)    |                               |          |                          |  |
|                                      | A.F. %        | 91.5                  | 96.6                      | A-3 (0)                       |          |                          |  |
| % Arcilla y Limo                     |               | 3.4                   | 3.4                       | Descripción                   |          |                          |  |
| Total                                |               |                       | 100.0                     |                               |          |                          |  |
| Contenido de Humedad                 |               |                       | 0.49                      |                               |          |                          |  |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |               |                       |                           |                               |          |                          |  |
|                                      |               |                       |                           |                               |          |                          |  |

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 Observación:  
 - Muestra realizada por el Solicitante.  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE I.E.M. - USS.

# Análisis Granulométrico Chochope



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Chochope, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N. I.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-10

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |                                      |                       |          | Ensayo de Límite de Atterberg |                 |                           |  |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------|-------------------------------|-----------------|---------------------------|--|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm)                        | % Acumulados Que pasa | Retenido |                               |                 |                           |  |
| 3"                                   | 75.000                               | 0.0                   | 100.0    | Límite líquido (LL)           | N.P. (%)        |                           |  |
| 2"                                   | 50.000                               | 0.0                   | 100.0    | Límite Plástico (LP)          | N.P. (%)        |                           |  |
| 1 1/2"                               | 37.500                               | 0.0                   | 100.0    | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%)        |                           |  |
| 1"                                   | 25.000                               | 0.0                   | 100.0    |                               |                 |                           |  |
| 3/4"                                 | 19.000                               | 0.0                   | 100.0    |                               |                 |                           |  |
| 1/2"                                 | 12.500                               | 0.0                   | 100.0    |                               |                 |                           |  |
| 3/8"                                 | 9.500                                | 0.0                   | 100.0    |                               |                 |                           |  |
| 1/4"                                 | 6.300                                | 0.0                   | 100.0    |                               |                 |                           |  |
| N° 4                                 | 4.750                                | 0.0                   | 100.0    |                               |                 |                           |  |
| N° 10                                | 2.000                                | 0.4                   | 99.6     |                               |                 |                           |  |
| N° 20                                | 0.850                                | 1.3                   | 98.7     |                               |                 |                           |  |
| N° 40                                | 0.425                                | 2.5                   | 97.5     |                               |                 |                           |  |
| N° 60                                | 0.250                                | 8.1                   | 91.9     |                               |                 |                           |  |
| N° 140                               | 0.106                                | 94.4                  | 5.6      |                               |                 |                           |  |
| N° 200                               | 0.075                                | 97.2                  | 2.8      |                               |                 |                           |  |
| Distribución granulométrica          |                                      |                       |          |                               |                 | Clasificación (S.U.C.S.)  |  |
| % Grava                              | G.G. %                               | 0.0                   | 0.0      |                               |                 | SP                        |  |
|                                      | G.F. %                               | 0.0                   | 0.0      |                               |                 | Descripción del suelo     |  |
|                                      | A.G. %                               | 0.4                   |          |                               |                 | Arena pobremente graduada |  |
| % Arena                              | A.M. %                               | 2.1                   |          | Clasificación (AASHTO)        |                 |                           |  |
|                                      | A.F. %                               | 94.7                  | 97.2     | A-3 (0)                       |                 |                           |  |
| % Arcilla y Limo                     |                                      | 2.8                   | 2.8      | Descripción                   |                 |                           |  |
| Total                                |                                      | 100.0                 | 100.0    |                               |                 |                           |  |
| Contenido de Humedad                 |                                      |                       | 0.48     |                               |                 |                           |  |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |                                      |                       |          |                               |                 |                           |  |
| Grava                                |                                      | Arena                 |          |                               | Arcilla y Limos |                           |  |
| Gruesa                               | Fina                                 | Gruesa                | Media    | Fina                          |                 |                           |  |
| 3"                                   | 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" N°4 | N°10                  | N°20     | N°40                          | N°60            | N°140 N°200               |  |
|                                      |                                      |                       |          |                               |                 |                           |  |

Observación: UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 - Muestreo realizado por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Análisis Granulométrico Motupe



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Motupe, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N. I.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-11 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |          | Ensayo de Límite de Atterberg |          |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|-------------------------------|----------|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Que pasa | Retenido |                               |          |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0    | Límite líquido (LL)           | N.P. (%) |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0    | Límite Plástico (LP)          | N.P. (%) |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0    | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%) |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |
| N° 4                                 | 4.750         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |
| N° 10                                | 2.000         | 0.1                   | 99.9     |                               |          |
| N° 20                                | 0.850         | 1.4                   | 98.6     |                               |          |
| N° 40                                | 0.425         | 4.0                   | 96.0     |                               |          |
| N° 60                                | 0.250         | 18.1                  | 81.9     |                               |          |
| N° 140                               | 0.106         | 78.4                  | 21.6     |                               |          |
| N° 200                               | 0.075         | 96.0                  | 4.0      |                               |          |
| Distribución granulométrica          |               |                       |          | Clasificación (S.U.C.S.)      |          |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0                   | 0.0      | SP                            |          |
|                                      | G.F. %        | 0.0                   |          | Descripción del suelo         |          |
| % Arena                              | A.G. %        | 0.1                   | 96.0     | Arena pobremente graduada     |          |
|                                      | A.M. %        | 3.9                   |          | Clasificación (AASHTO)        |          |
|                                      | A.F. %        | 92.0                  |          | A-3 (0)                       |          |
| % Arcilla y Limo                     |               | 4.0                   | 4.0      | Descripción                   |          |
| Total                                |               |                       | 100.0    |                               |          |
| Contenido de Humedad                 |               |                       | 0.53     |                               |          |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |               |                       |          |                               |          |
|                                      |               |                       |          |                               |          |

Observación:  
 - Muestreo realizado, por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Análisis Granulométrico Olmos



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Olmos, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-12 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |          | Ensayo de Limite de Atterberg |          |                          |  |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|-------------------------------|----------|--------------------------|--|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Que pasa | Retenido |                               |          |                          |  |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0    | Limite liquido (LL)           | N.P. (%) |                          |  |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0    | Limite Plástico (LP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0    | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| N° 4                                 | 4.750         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| N° 10                                | 2.000         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| N° 20                                | 0.850         | 0.6                   | 99.4     |                               |          |                          |  |
| N° 40                                | 0.425         | 2.0                   | 98.0     |                               |          |                          |  |
| N° 60                                | 0.250         | 7.5                   | 92.5     |                               |          |                          |  |
| N° 140                               | 0.106         | 94.1                  | 5.9      |                               |          |                          |  |
| N° 200                               | 0.075         | 96.4                  | 3.6      |                               |          |                          |  |
| Distribución granulométrico          |               |                       |          |                               |          | Clasificación (S.U.C.S.) |  |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0                   | 0.0      |                               |          | SP                       |  |
|                                      | G.F. %        | 0.0                   | 0.0      |                               |          | Descripción del suelo    |  |
| % Arena                              | A.G. %        | 0.0                   |          | Arena pobremente graduada     |          |                          |  |
|                                      | A.M. %        | 2.0                   |          | Clasificación (AASHTO)        |          |                          |  |
|                                      | A.F. %        | 94.4                  | 96.4     | A-3 (0)                       |          |                          |  |
| % Arcilla y Limo                     |               | 3.6                   | 3.6      | Descripción                   |          |                          |  |
| Total                                |               | 100.0                 | 100.0    |                               |          |                          |  |
| Contenido de Humedad                 |               |                       | 0.50     |                               |          |                          |  |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |               |                       |          |                               |          |                          |  |
|                                      |               |                       |          |                               |          |                          |  |

Observación: UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 - Muestreo realizado por el Solicitante.

TOO. VILSONA OLAYA ANILAR  
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 M.Sc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Anexo 03: Permeabilidad de muestras

## Permeabilidad de muestras Chochope

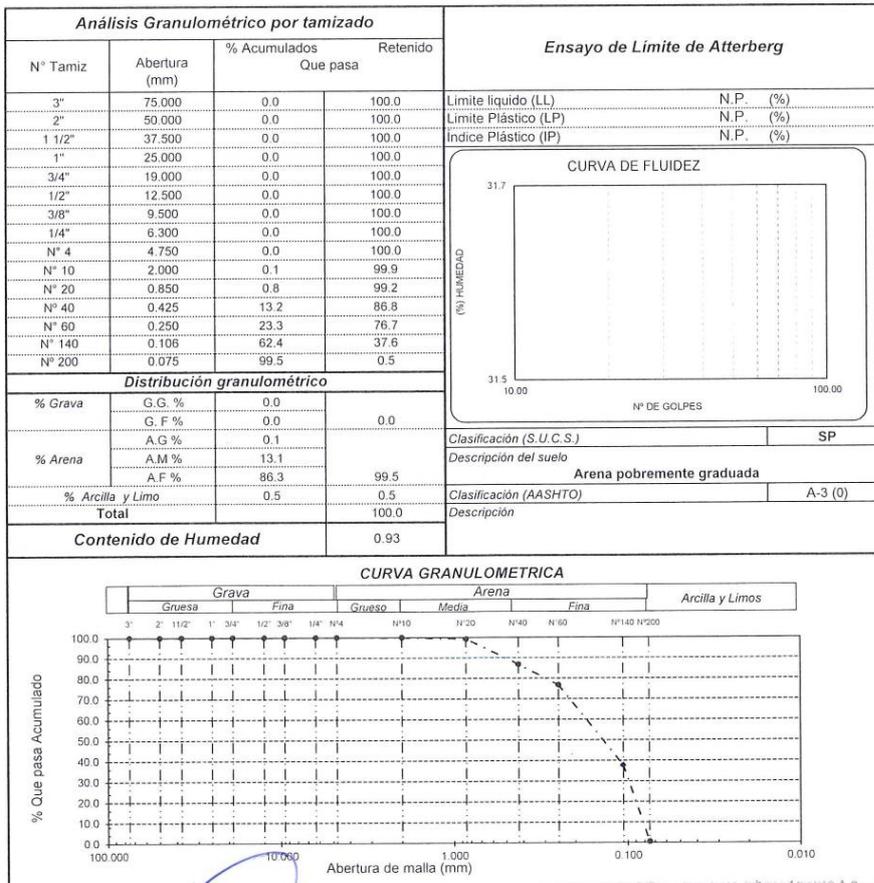


FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Morrope, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-1 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m



Observación:  
 - Muestreo realizado por el Solicitante  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - USS.

Msc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE I.E.M. - USS.

# Permeabilidad de muestras Morrope



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Lambayeque, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-2

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |                                       |                       |          | Ensayo de Limite de Atterberg  |                 |                          |  |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------|--------------------------------|-----------------|--------------------------|--|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm)                         | % Acumulados Que pasa | Retenido |                                |                 |                          |  |
| 3"                                   | 75.000                                | 0.0                   | 100.0    | Limite liquido (LL)            | N.P. (%)        |                          |  |
| 2"                                   | 50.000                                | 0.0                   | 100.0    | Limite Plástico (LP)           | N.P. (%)        |                          |  |
| 1 1/2"                               | 37.500                                | 0.0                   | 100.0    | Índice Plástico (IP)           | N.P. (%)        |                          |  |
| 1"                                   | 25.000                                | 0.0                   | 100.0    |                                |                 |                          |  |
| 3/4"                                 | 19.000                                | 0.0                   | 100.0    |                                |                 |                          |  |
| 1/2"                                 | 12.500                                | 0.0                   | 100.0    |                                |                 |                          |  |
| 3/8"                                 | 9.500                                 | 0.0                   | 100.0    |                                |                 |                          |  |
| 1/4"                                 | 6.300                                 | 0.0                   | 100.0    |                                |                 |                          |  |
| N° 4                                 | 4.750                                 | 0.0                   | 100.0    |                                |                 |                          |  |
| N° 10                                | 2.000                                 | 0.0                   | 100.0    |                                |                 |                          |  |
| N° 20                                | 0.850                                 | 1.2                   | 98.8     |                                |                 |                          |  |
| N° 40                                | 0.425                                 | 2.4                   | 97.6     |                                |                 |                          |  |
| N° 60                                | 0.250                                 | 8.6                   | 91.4     |                                |                 |                          |  |
| N° 140                               | 0.106                                 | 86.2                  | 13.8     |                                |                 |                          |  |
| N° 200                               | 0.075                                 | 95.7                  | 4.3      |                                |                 |                          |  |
| Distribución granulométrica          |                                       |                       |          |                                |                 | Clasificación (S.U.C.S.) |  |
| % Grava                              | G.G. %                                | 0.0                   |          |                                |                 | SP                       |  |
|                                      | G.F. %                                | 0.0                   | 0.0      |                                |                 |                          |  |
|                                      | A.G. %                                | 0.0                   |          |                                |                 |                          |  |
| % Arena                              | A.M. %                                | 2.4                   |          | Arena pobremente graduada      |                 |                          |  |
|                                      | A.F. %                                | 93.3                  | 95.7     |                                |                 |                          |  |
| % Arcilla y Limo                     |                                       | 4.3                   | 4.3      | Clasificación (AASHTO) A-3 (0) |                 |                          |  |
| Total                                |                                       |                       | 100.0    | Descripción                    |                 |                          |  |
| Contenido de Humedad                 |                                       |                       | 0.76     |                                |                 |                          |  |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |                                       |                       |          |                                |                 |                          |  |
| Grava                                |                                       | Arena                 |          |                                | Arcilla y Limos |                          |  |
| Gruesa                               | Fina                                  | Gruesa                | Media    | Fina                           |                 |                          |  |
| 3"                                   | 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" 1/4" | N°10                  | N°20     | N°40                           | N°60            | N°140 N°200              |  |
|                                      |                                       |                       |          |                                |                 |                          |  |

Observación:  
 - Muestreo realizado por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 USS

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Permeabilidad de muestras Lambayeque



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. San Jose, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-3

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |              |          | Ensayo de Límite de Atterberg |          |                          |  |
|--------------------------------------|---------------|--------------|----------|-------------------------------|----------|--------------------------|--|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados | Retenido |                               |          |                          |  |
|                                      |               | Que pasa     |          |                               |          |                          |  |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0          | 100.0    | Límite líquido (LL)           | N.P. (%) |                          |  |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0          | 100.0    | Límite Plástico (LP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0          | 100.0    | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0          | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0          | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0          | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0          | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0          | 100.0    |                               |          |                          |  |
| N° 4                                 | 4.750         | 0.2          | 99.8     |                               |          |                          |  |
| N° 10                                | 2.000         | 1.2          | 98.8     |                               |          |                          |  |
| N° 20                                | 0.850         | 5.9          | 94.1     |                               |          |                          |  |
| N° 40                                | 0.425         | 18.0         | 82.0     |                               |          |                          |  |
| N° 60                                | 0.250         | 65.7         | 34.3     |                               |          |                          |  |
| N° 140                               | 0.106         | 93.5         | 6.5      |                               |          |                          |  |
| N° 200                               | 0.075         | 96.9         | 3.1      |                               |          |                          |  |
| Distribución granulométrico          |               |              |          |                               |          | Clasificación (S.U.C.S.) |  |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0          | 0.2      |                               |          | SP                       |  |
|                                      | G.F. %        | 0.2          |          |                               |          | Descripción del suelo    |  |
| % Arena                              | A.G. %        | 1.0          | 96.7     | Arena pobremente graduada     |          |                          |  |
|                                      | A.M. %        | 16.8         |          | Clasificación (AASHTO)        |          |                          |  |
|                                      | A.F. %        | 78.9         |          | A-3 (0)                       |          |                          |  |
| % Arcilla y Limo                     |               | 3.1          | 3.1      | Descripción                   |          |                          |  |
| Total                                |               | 100.0        | 100.0    |                               |          |                          |  |
| Contenido de Humedad                 |               |              |          | 0.98                          |          |                          |  |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |               |              |          |                               |          |                          |  |
|                                      |               |              |          |                               |          |                          |  |

Observación:  
 - Muestreo realizado por el Solicitante.  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 I.E.C.E. I.E.M. - I.I.S.S.



# Permeabilidad de muestras Túcume

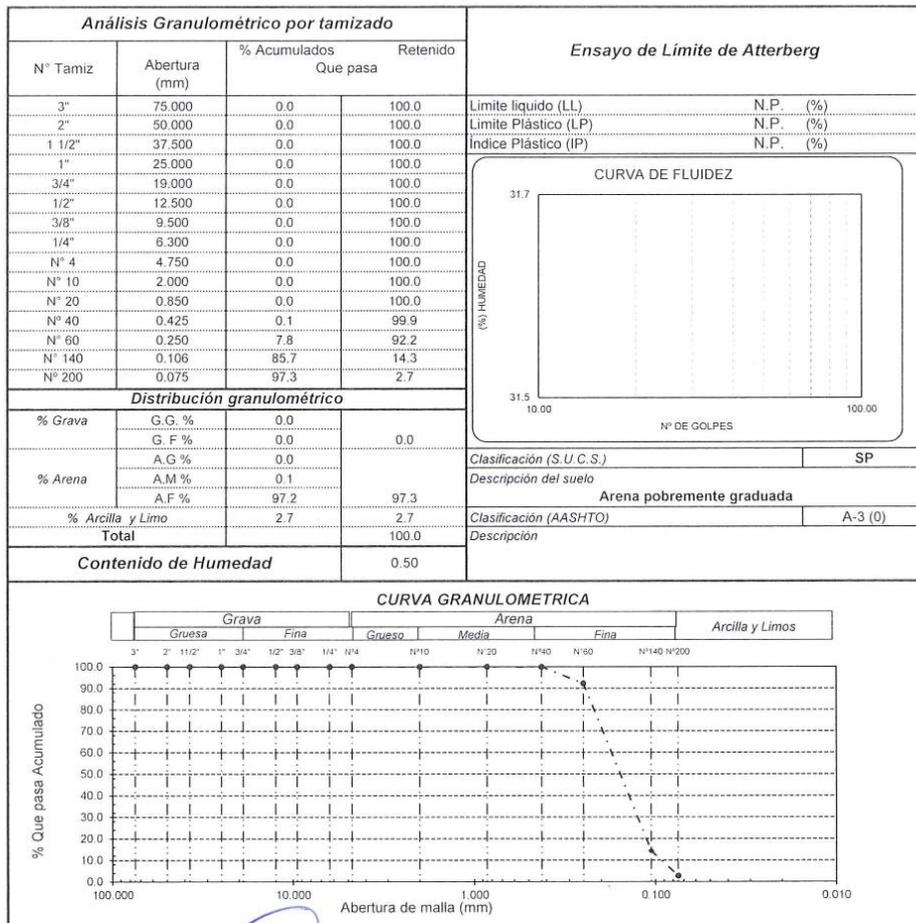


FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Túcume, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-5 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m



Observación: - Muestreo realizado por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES USS

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 Ing. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Permeabilidad de muestras Íllico

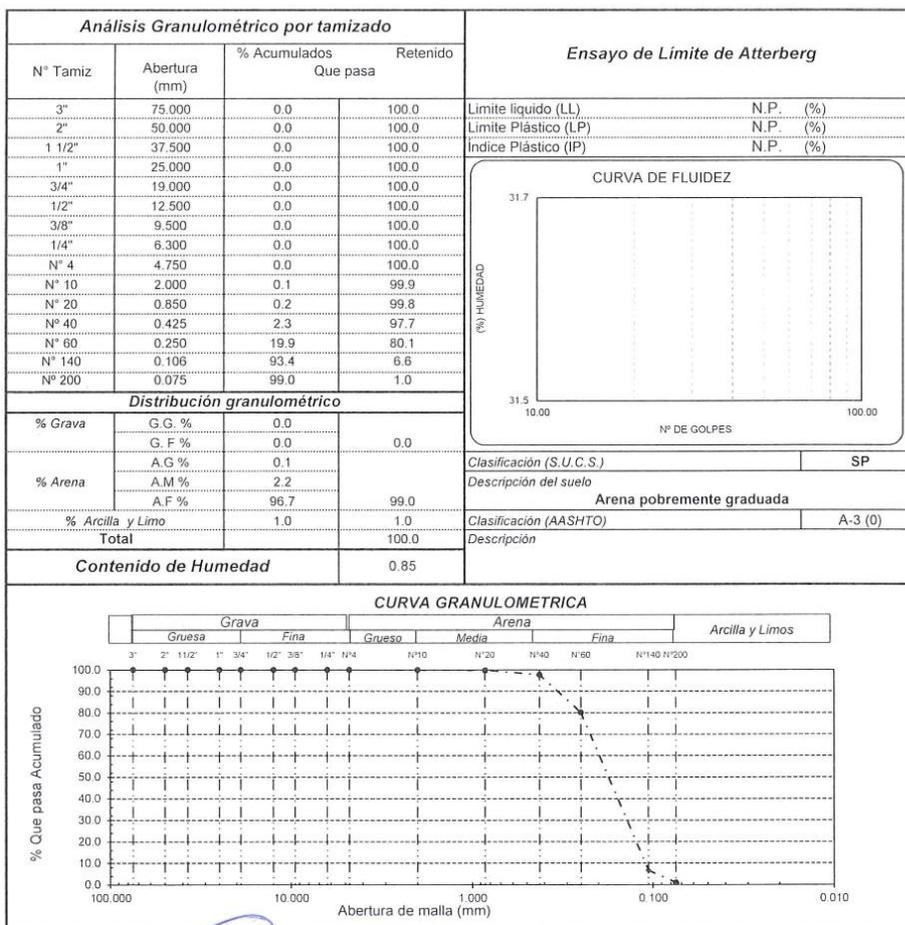


FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Íllico, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-6 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m



Observación: Muestra realizada, por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 USS

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Permeabilidad de muestras Pacora

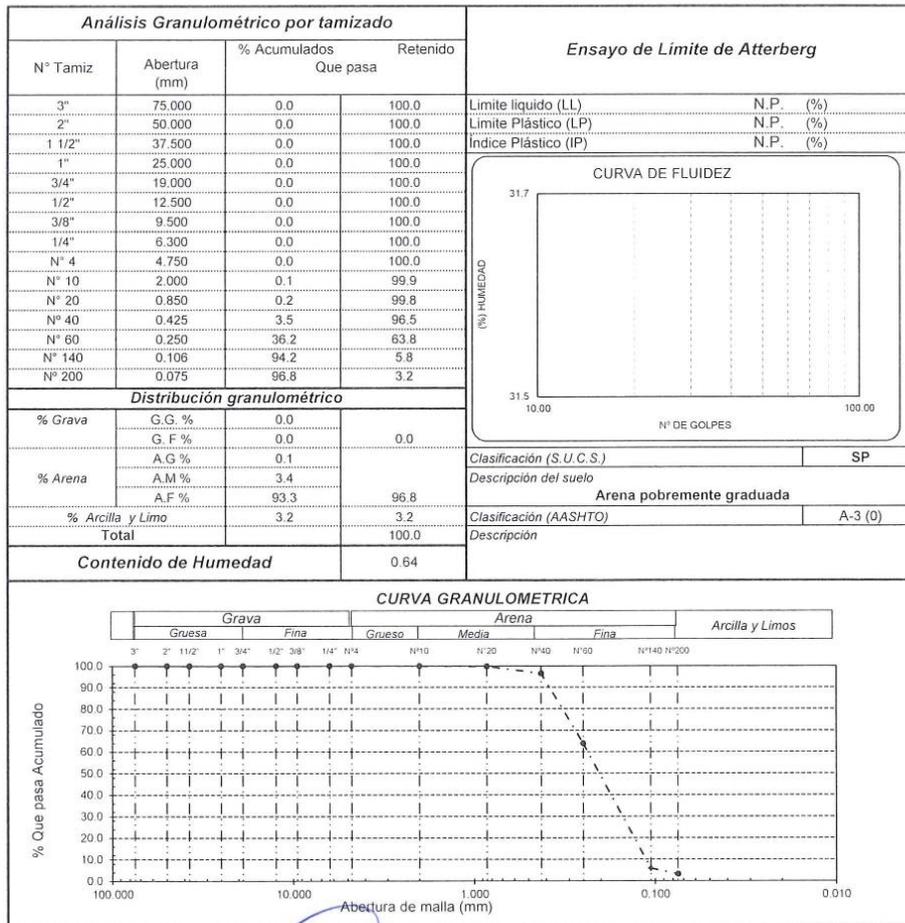


FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Pacora, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-7 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m



Observación: - Muestreo realizado por el Solicitante

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Permeabilidad de muestras Jayanca



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

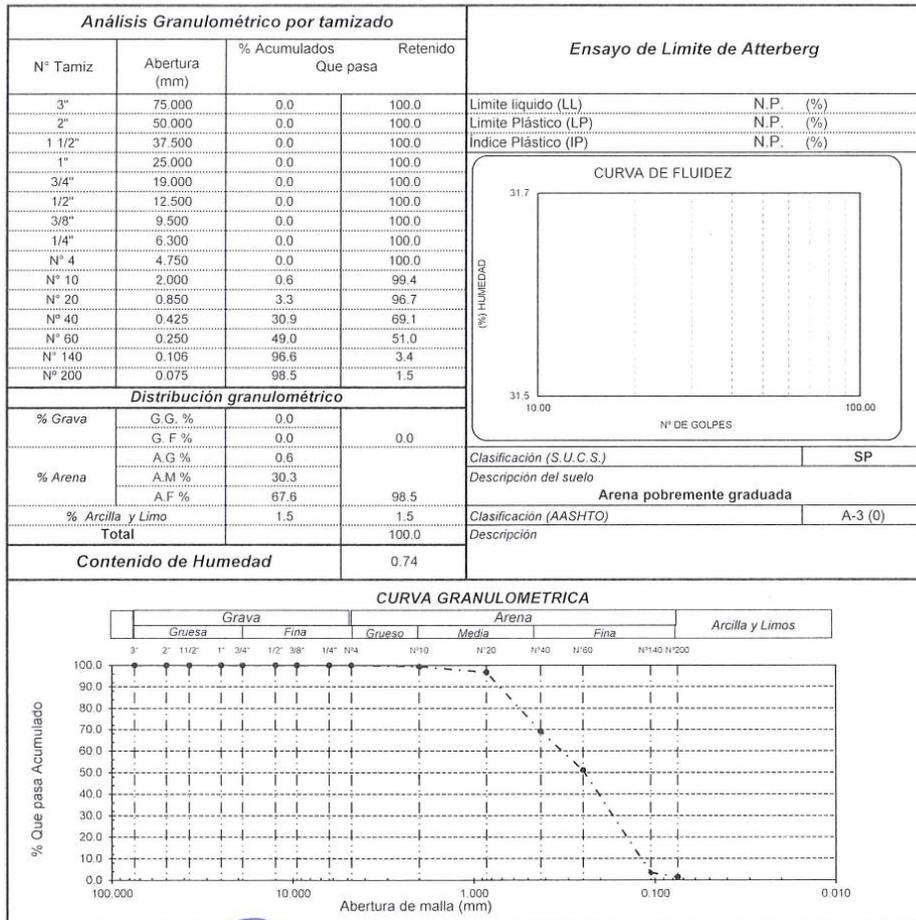
Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Jayanca, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el limite líquido, limite plástico e indice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-8

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00-1.50m



Observación: Muestra realizada, por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 Msc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Permeabilidad de muestras Salas



Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Salas, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127 : 1998

Calicata : C-9 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |          | Ensayo de Límite de Atterberg |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|-------------------------------|----------|--|---------|-----|------|------|------|------|-------|-------|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Que pasa | Retenido |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0    | Límite líquido (LL)           | N.P. (%) |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0    | Límite Plástico (LP)          | N.P. (%) |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0    | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%) |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| N° 4                                 | 4.750         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| N° 10                                | 2.000         | 0.9                   | 99.1     |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| N° 20                                | 0.850         | 3.0                   | 97.0     |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| N° 40                                | 0.425         | 5.1                   | 94.9     |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| N° 60                                | 0.250         | 10.2                  | 89.8     |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| N° 140                               | 0.106         | 92.8                  | 7.2      |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| N° 200                               | 0.075         | 96.6                  | 3.4      |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| Distribución granulométrico          |               |                       |          | CURVA DE FLUIDEZ              |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0                   | 0.0      |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
|                                      | G.F. %        | 0.0                   |          |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| % Arena                              | A.G. %        | 0.9                   | 96.6     |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
|                                      | A.M. %        | 4.2                   |          |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
|                                      | A.F. %        | 91.5                  |          |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| % Arcilla y Limo                     |               | 3.4                   | 3.4      |                               |          | Clasificación (S.U.C.S.)                           | SP      |     |      |      |      |      |       |       |
| Total                                |               | 100.0                 | 100.0    |                               |          | Descripción del suelo<br>Arena pobremente graduada |         |     |      |      |      |      |       |       |
| Contenido de Humedad                 |               | 0.49                  |          |                               |          | Clasificación (AASHTO)                             | A-3 (0) |     |      |      |      |      |       |       |
|                                      |               |                       |          |                               |          | Descripción  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |               |                       |          |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| Grava                                |               | Arena                 |          | Arcilla y Limos               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| Gruesa Fina                          |               | Gruesa Media Fina     |          |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |
| 3"                                   | 2"            | 1 1/2"                | 1"       | 3/4"                          | 1/2"     | 3/8"   | 1/4"    | N°4 | N°10 | N°20 | N°40 | N°60 | N°140 | N°200 |
|                                      |               |                       |          |                               |          |  |         |     |      |      |      |      |       |       |

Observación:  
 - Muestra realizada por el Solicitante.  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE I.E.M. - USS.

# Permeabilidad de muestras Chochope



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Chochope, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N. I.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-10

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |                   |                       |          | Ensayo de Límite de Atterberg |          |                          |  |
|--------------------------------------|-------------------|-----------------------|----------|-------------------------------|----------|--------------------------|--|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm)     | % Acumulados Que pasa | Retenido |                               |          |                          |  |
| 3"                                   | 75.000            | 0.0                   | 100.0    | Límite líquido (LL)           | N.P. (%) |                          |  |
| 2"                                   | 50.000            | 0.0                   | 100.0    | Límite Plástico (LP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1 1/2"                               | 37.500            | 0.0                   | 100.0    | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1"                                   | 25.000            | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 3/4"                                 | 19.000            | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 1/2"                                 | 12.500            | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 3/8"                                 | 9.500             | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 1/4"                                 | 6.300             | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| N° 4                                 | 4.750             | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| N° 10                                | 2.000             | 0.4                   | 99.6     |                               |          |                          |  |
| N° 20                                | 0.850             | 1.3                   | 98.7     |                               |          |                          |  |
| N° 40                                | 0.425             | 2.5                   | 97.5     |                               |          |                          |  |
| N° 60                                | 0.250             | 8.1                   | 91.9     |                               |          |                          |  |
| N° 140                               | 0.106             | 94.4                  | 5.6      |                               |          |                          |  |
| N° 200                               | 0.075             | 97.2                  | 2.8      |                               |          |                          |  |
| Distribución granulométrica          |                   |                       |          |                               |          | Clasificación (S.U.C.S.) |  |
| % Grava                              | G.G. %            | 0.0                   |          |                               |          | SP                       |  |
|                                      | G.F. %            | 0.0                   | 0.0      |                               |          |                          |  |
|                                      | A.G. %            | 0.4                   |          |                               |          |                          |  |
| % Arena                              | A.M. %            | 2.1                   |          |                               |          |                          |  |
|                                      | A.F. %            | 94.7                  | 97.2     | Arena pobremente graduada     |          |                          |  |
| % Arcilla y Limo                     |                   | 2.8                   | 2.8      | Clasificación (AASHTO)        |          |                          |  |
| Total                                |                   | 100.0                 |          | A-3 (0)                       |          |                          |  |
| Contenido de Humedad                 |                   |                       |          | Descripción                   |          |                          |  |
|                                      |                   |                       |          | 0.48                          |          |                          |  |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |                   |                       |          |                               |          |                          |  |
| Grava                                |                   |                       | Arena    |                               |          | Arcilla y Limos          |  |
| Gruesa                               | Fina              |                       | Gruesa   | Media                         | Fina     |                          |  |
| 3"                                   | 2" 1 1/2" 1" 3/4" | 1/2" 3/8" 1/4" N°4    | N°10     | N°20                          | N°40     | N°60 N°140 N°200         |  |
|                                      |                   |                       |          |                               |          |                          |  |

Observación: Muestreo realizado por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 MSc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Permeabilidad de muestras Motupe



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Motupe, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N. I.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-11 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |          | Ensayo de Límite de Atterberg |          |  |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|-------------------------------|----------|--|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Que pasa | Retenido |                               |          |  |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0    | Límite líquido (LL)           | N.P. (%) |  |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0    | Límite Plástico (LP)          | N.P. (%) |  |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0    | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%) |  |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |
| N° 4                                 | 4.750         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |  |
| N° 10                                | 2.000         | 0.1                   | 99.9     |                               |          |  |
| N° 20                                | 0.850         | 1.4                   | 98.6     |                               |          |  |
| N° 40                                | 0.425         | 4.0                   | 96.0     |                               |          |  |
| N° 60                                | 0.250         | 18.1                  | 81.9     |                               |          |  |
| N° 140                               | 0.106         | 78.4                  | 21.6     |                               |          |  |
| N° 200                               | 0.075         | 96.0                  | 4.0      |                               |          |  |
| Distribución granulométrica          |               |                       |          | Clasificación (S.U.C.S.)      |          |  |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0                   | 0.0      | SP                            |          |  |
|                                      | G.F. %        | 0.0                   |          | Descripción del suelo         |          |  |
| % Arena                              | A.G. %        | 0.1                   | 96.0     | Arena pobremente graduada     |          |  |
|                                      | A.M. %        | 3.9                   |          | Clasificación (AASHTO)        |          |  |
|                                      | A.F. %        | 92.0                  |          | A-3 (0)                       |          |  |
| % Arcilla y Limo                     |               | 4.0                   | 4.0      | Descripción                   |          |  |
| Total                                |               |                       | 100.0    |                               |          |  |
| Contenido de Humedad                 |               |                       | 0.53     |                               |          |  |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |               |                       |          |                               |          |  |
|                                      |               |                       |          |                               |          |  |

Observación:  
 - Muestreo realizado, por el Solicitante.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 M.Sc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

# Permeabilidad de muestras Olmos



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CAMPOVERDE COTRINA KATTY ELIZABETH  
 Proyecto : "CORRELACION DEL CARBONATO DE CALCIO EN SUELOS GRANULARES PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD"  
 Ubicación : Dist. Olmos, Prov. Lambayeque, Dpto Lambayeque.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata : C-12 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00-1.50m

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |          | Ensayo de Limite de Atterberg |          |                          |  |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|-------------------------------|----------|--------------------------|--|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Que pasa | Retenido |                               |          |                          |  |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0    | Limite liquido (LL)           | N.P. (%) |                          |  |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0    | Limite Plástico (LP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0    | Índice Plástico (IP)          | N.P. (%) |                          |  |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| N° 4                                 | 4.750         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| N° 10                                | 2.000         | 0.0                   | 100.0    |                               |          |                          |  |
| N° 20                                | 0.850         | 0.6                   | 99.4     |                               |          |                          |  |
| N° 40                                | 0.425         | 2.0                   | 98.0     |                               |          |                          |  |
| N° 60                                | 0.250         | 7.5                   | 92.5     |                               |          |                          |  |
| N° 140                               | 0.106         | 94.1                  | 5.9      |                               |          |                          |  |
| N° 200                               | 0.075         | 96.4                  | 3.6      |                               |          |                          |  |
| Distribución granulométrico          |               |                       |          |                               |          | Clasificación (S.U.C.S.) |  |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0                   | 0.0      |                               |          | SP                       |  |
|                                      | G.F. %        | 0.0                   | 0.0      |                               |          | Descripción del suelo    |  |
| % Arena                              | A.G. %        | 0.0                   |          | Arena pobremente graduada     |          |                          |  |
|                                      | A.M. %        | 2.0                   |          | Clasificación (AASHTO)        |          |                          |  |
|                                      | A.F. %        | 94.4                  | 96.4     | A-3 (0)                       |          |                          |  |
| % Arcilla y Limo                     |               | 3.6                   | 3.6      | Descripción                   |          |                          |  |
| Total                                |               | 100.0                 | 100.0    |                               |          |                          |  |
| Contenido de Humedad                 |               |                       | 0.50     |                               |          |                          |  |
| CURVA GRANULOMETRICA                 |               |                       |          |                               |          |                          |  |
|                                      |               |                       |          |                               |          |                          |  |

Observación: UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 - Muestreo realizado por el Solicitante.

TCC. WILSON OLAYA AMILAR  
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.  
 M.Sc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez  
 JEFE L.E.M. - USS.

## Anexo 04: Panel Fotográfico



Figura 12. Muestra 01 - Morrope.



Figura 13. Muestra 02 – Lambayeque.



Figura 14. Muestra 03 – San José.



Figura 15. Muestra 04 – Mochumi.



Figura 16. Muestra 05 – Túcume.



Figura 17. Muestra 06 – Íllimo.



Figura 18. Muestra 07 – Pacora.



Figura 19. Muestra 08 – Jayanca.



Figura 20. Muestra 09 – Salas.



Figura 21. Muestra 10 – Chochope.



Figura 22. Muestra 11 – Motupe.



Figura 23. Muestra 12 – Olmos.

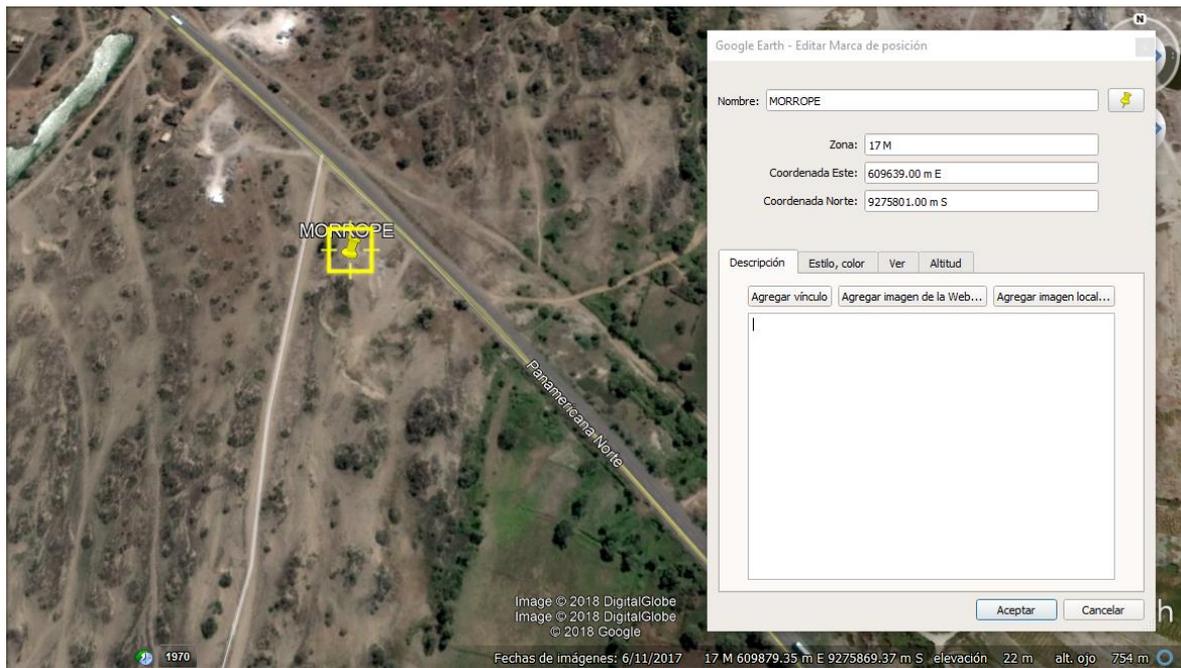


Figura 24. Plano De Ubicación De Morrope.

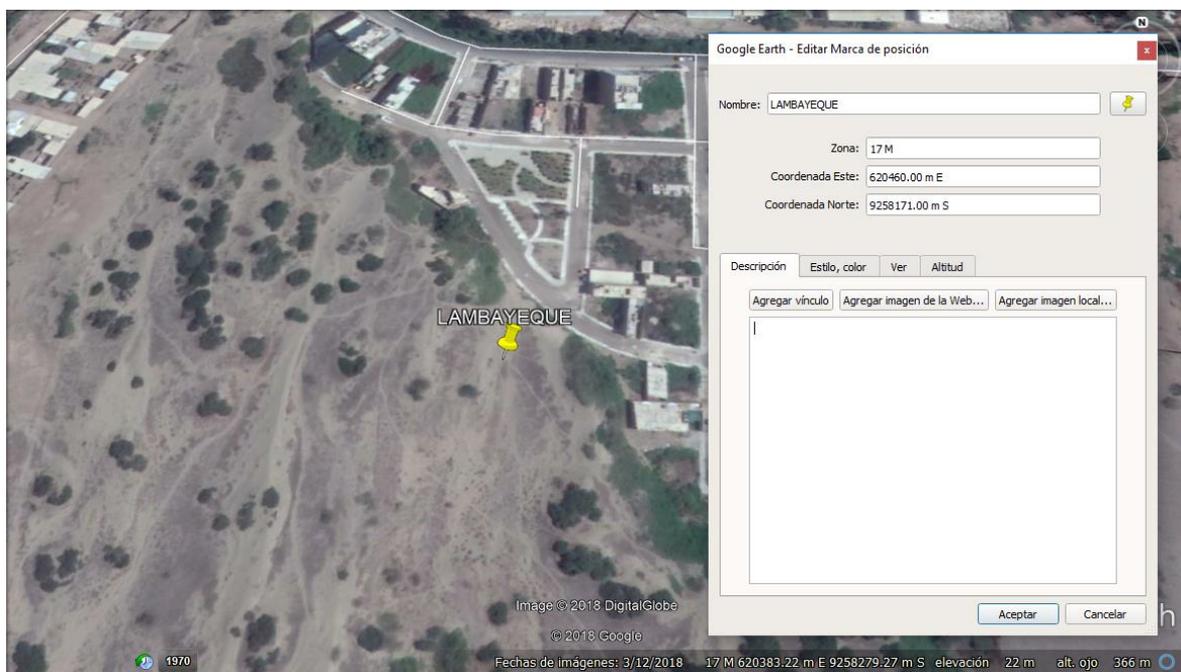


Figura 25. Plano de Ubicación de Lambayeque.

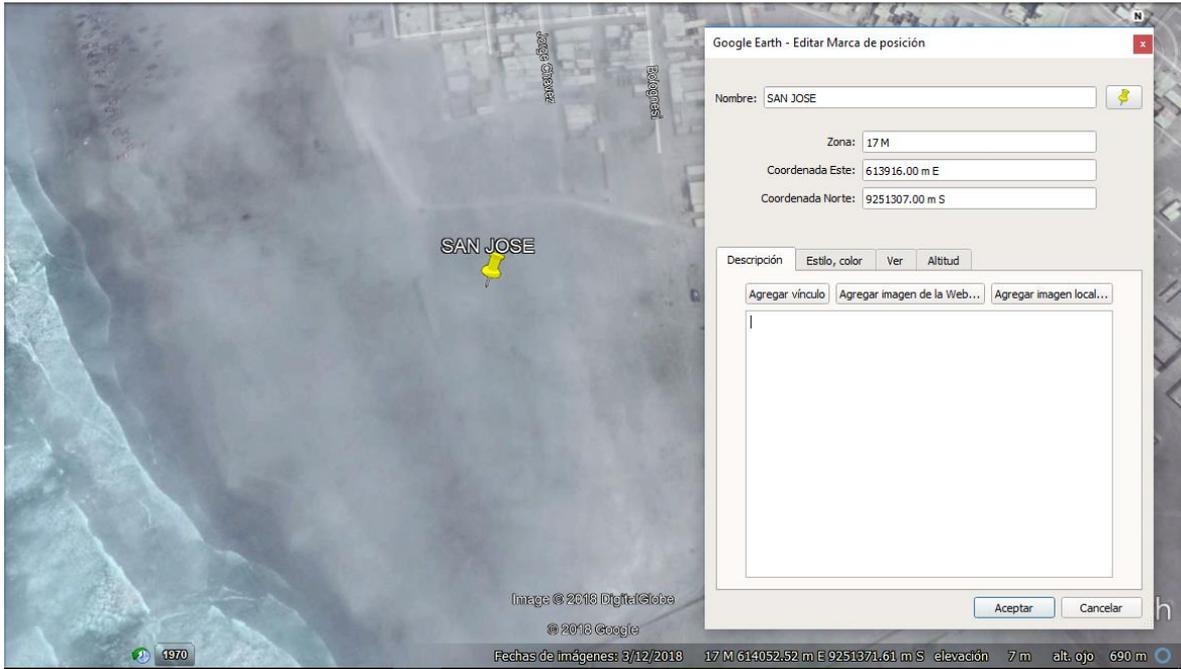


Figura 26. Plano de Ubicación de San José.

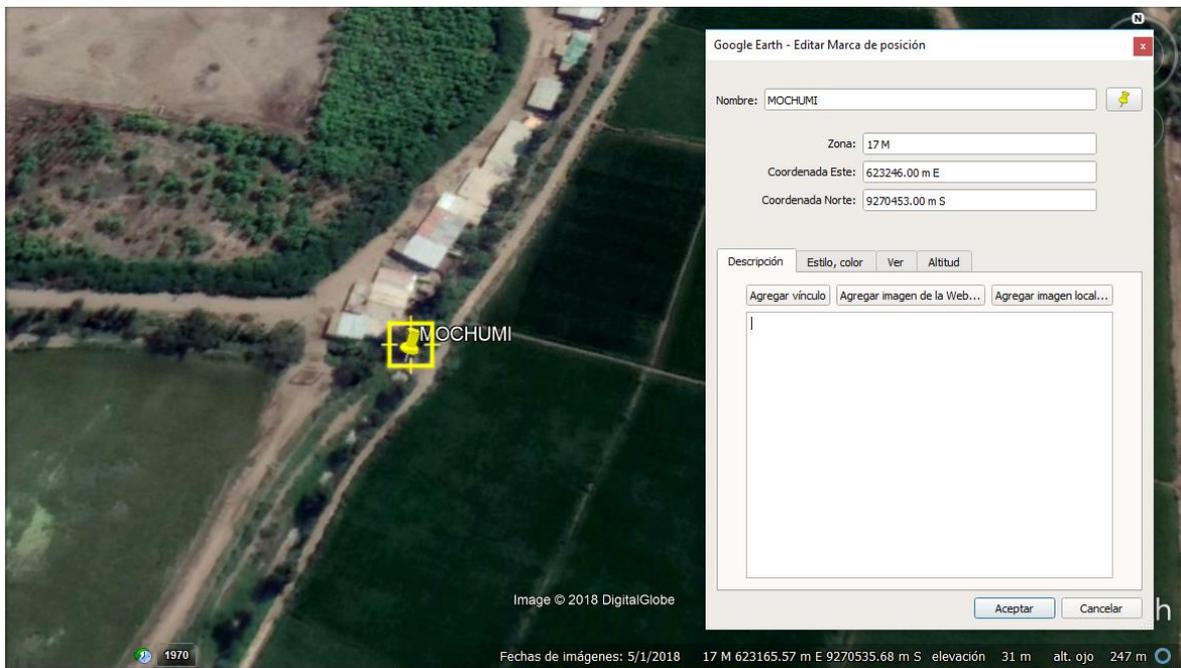


Figura 27. Plano de Ubicación de Mochumi

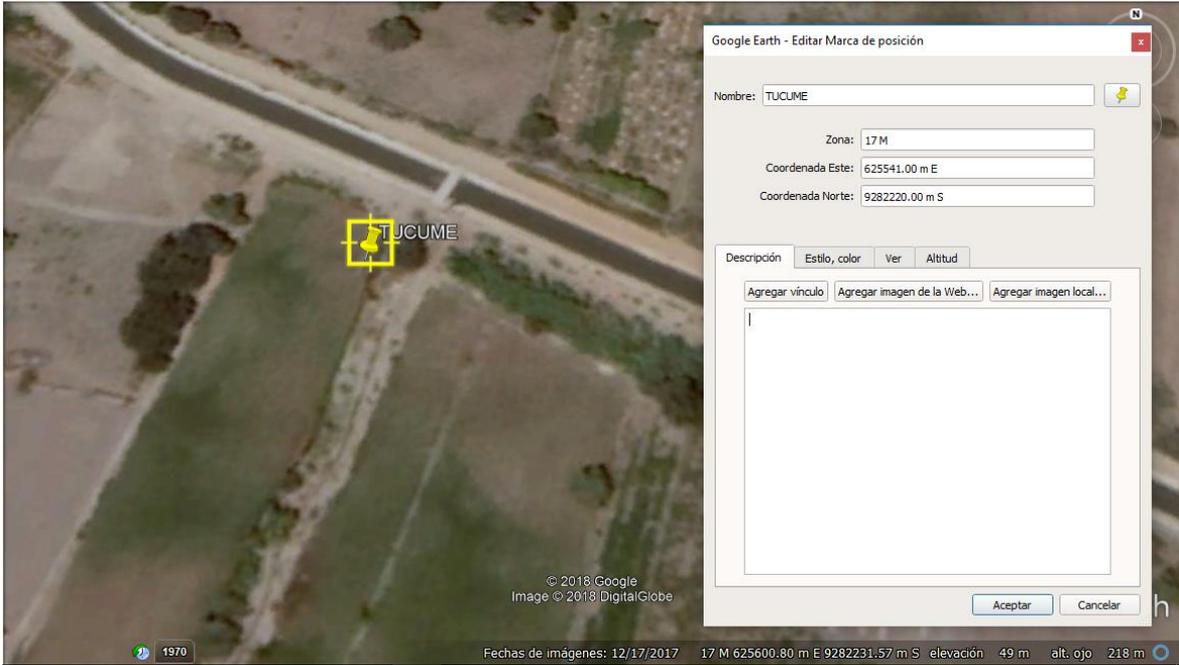


Figura 28. Plano de Ubicación de Túcume.

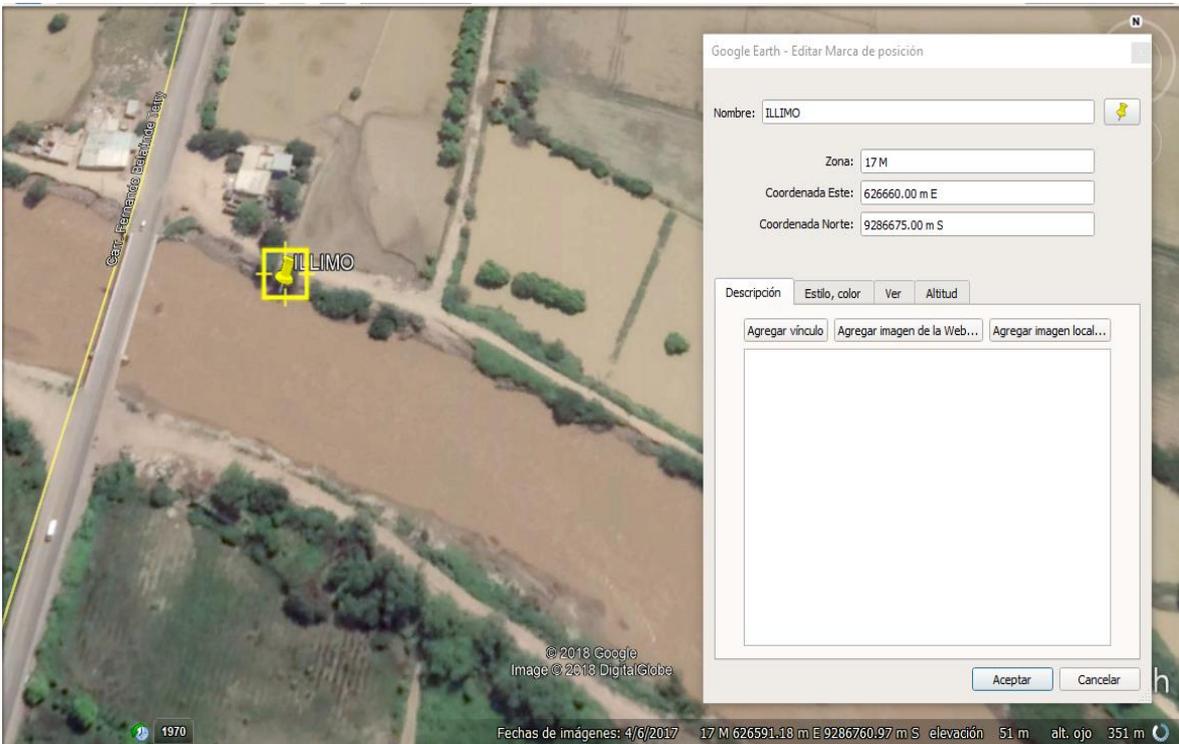


Figura 29. Plano de Ubicación de Íllimo.

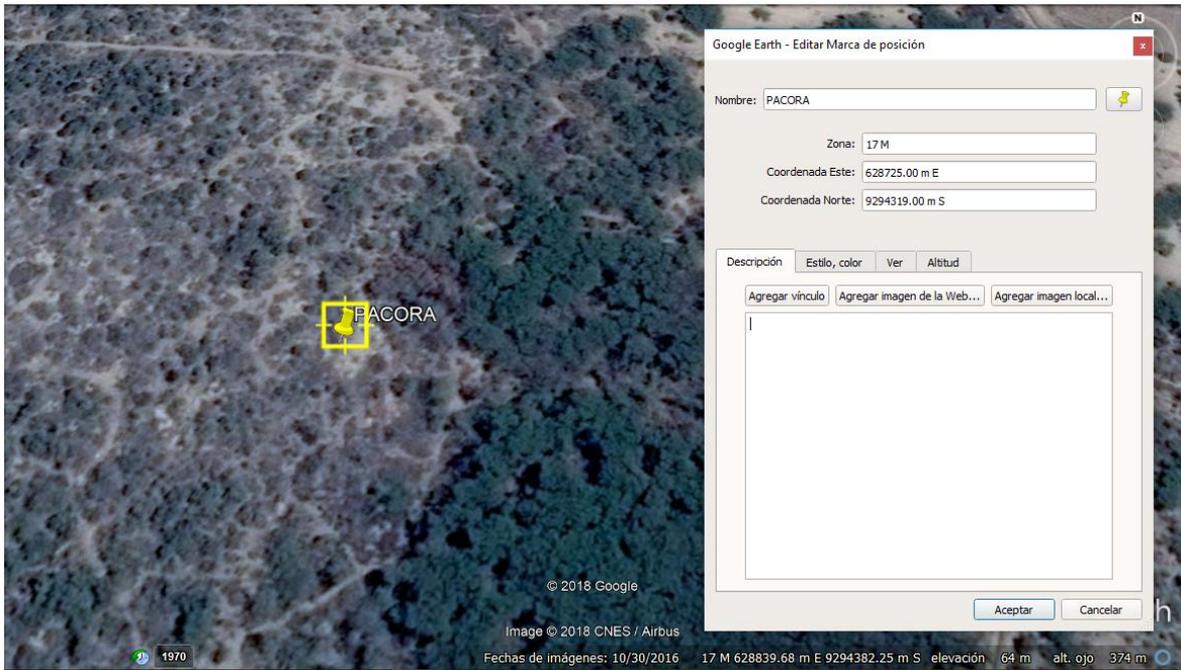


Figura 30. Plano de Ubicación de Pacora.

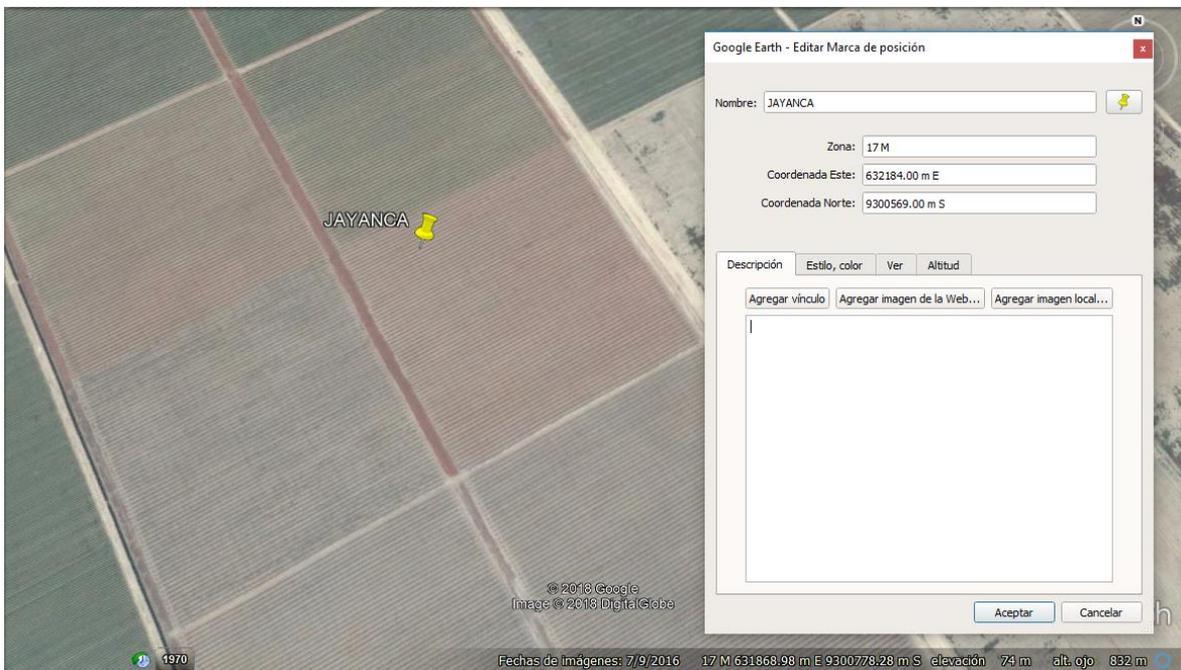


Figura 31. Plano de Ubicación de Jayanca.

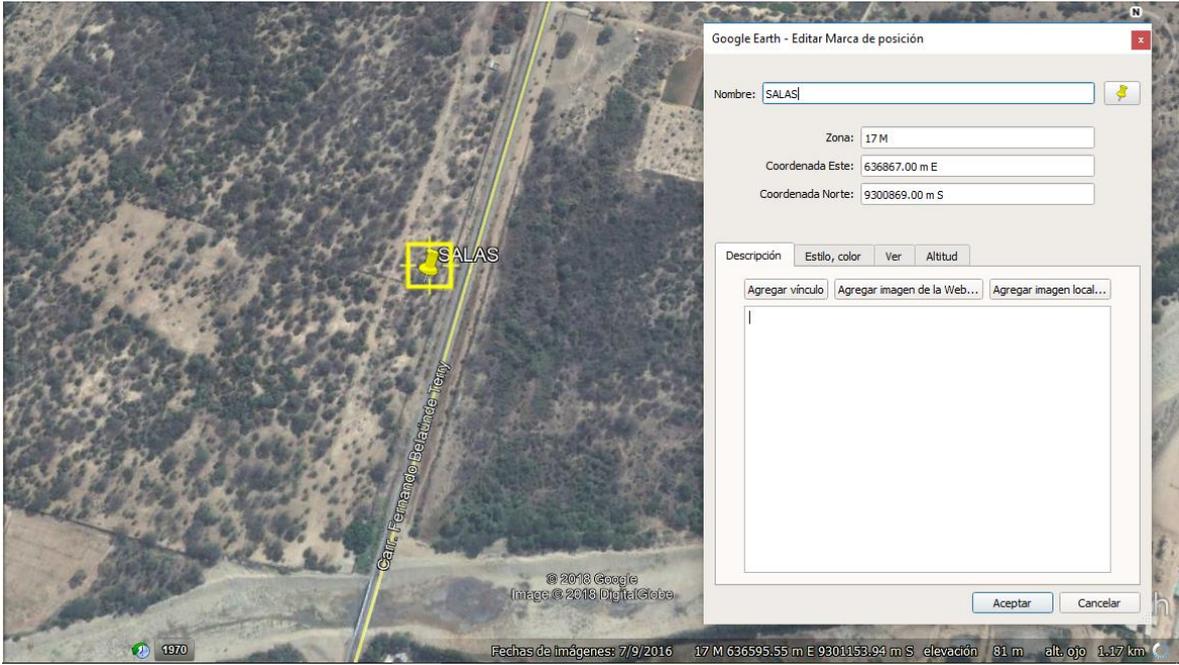


Figura 32. Plano De Ubicación De Salas.

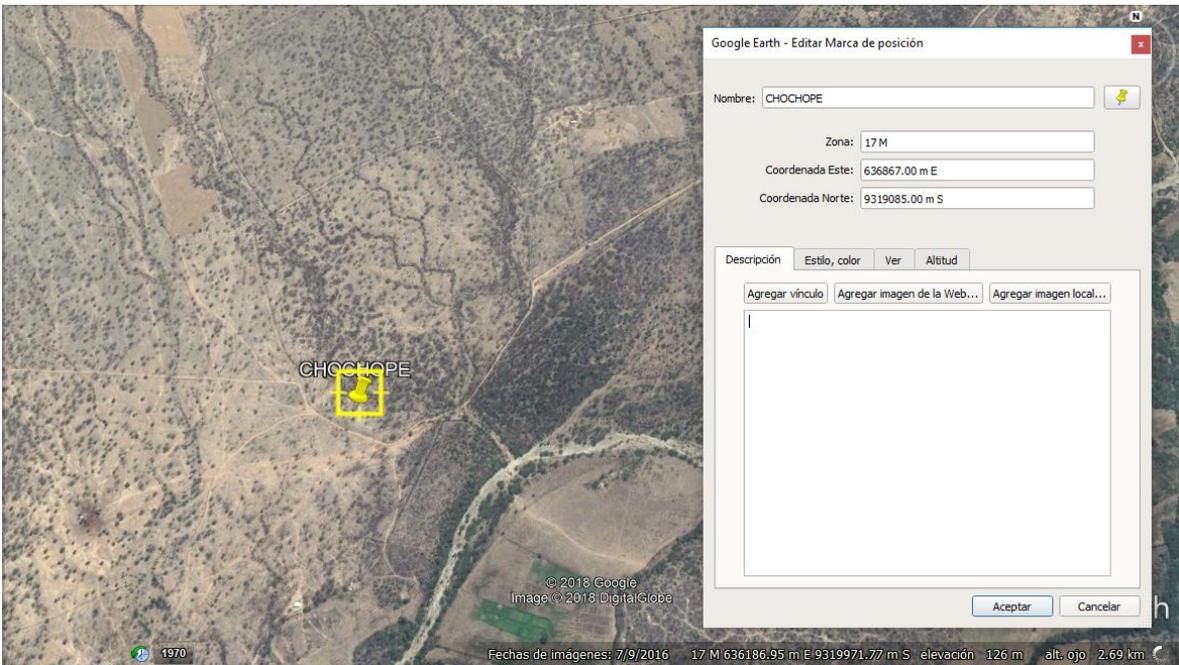


Figura 33. Plano De Ubicación De Chochope.

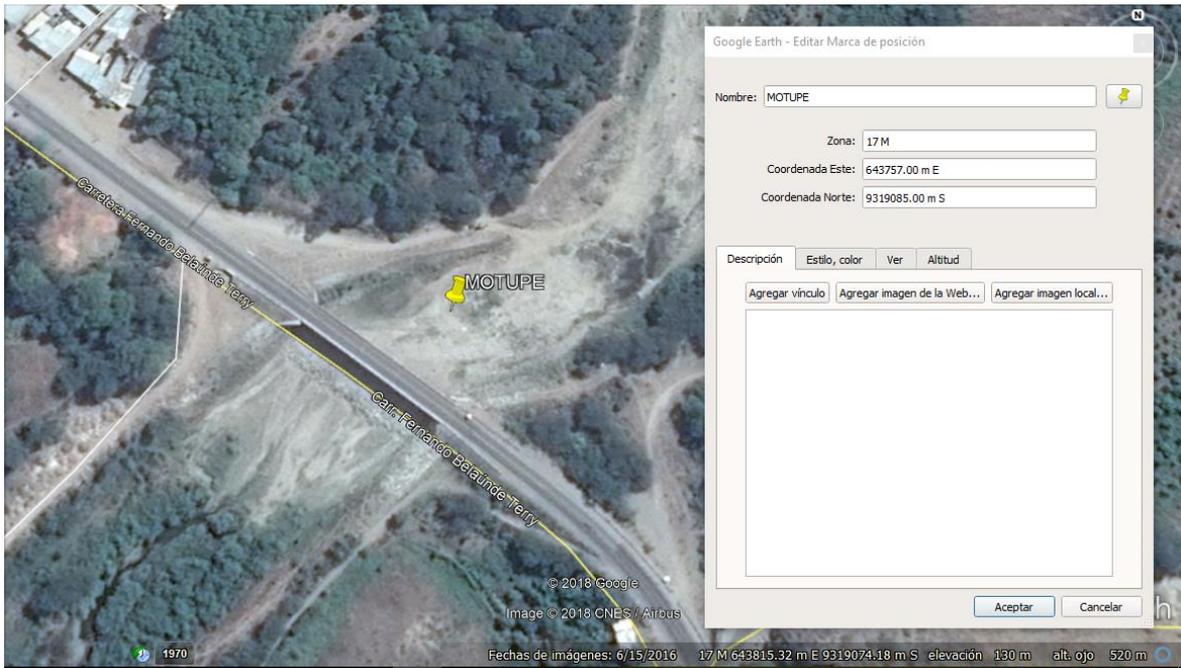


Figura 34. Plano de Ubicación de Motupe.