

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**“Estabilización de suelos adicionando cenizas de Concha de Pata de Mula,  
Carretera Larea – Hornillos, Distrito de Moro”**

**Tesis para optar el título de Ingeniero Civil**

Autor:

GARCIA CRUZ, Bryan Alberto

ASESOR:

FLORES REYES, Gumercindo

Código ORCID 0000-0002-2305-7339

**CHIMBOTE – PERÚ**

**2021**

**PALABRAS CLAVE:**

---

Tema	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
Especialidad	MECÁNICA DE SUELOS

---

**KEY WORDS:**

---

Topic	STABILIZATION OF SOILS
Speciality	MECHANIC OF SOILS

---

**Línea de Investigación**

**Línea de Investigación – Construcción y Gestión de la Construcción**

---

<b>Línea</b>	<b>Código</b>
Área	Ingeniería y Tecnología
Sub área	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería de la Construcción

---

**“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS  
ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE  
PATA DE MULA, CARRETERA LAREA –  
HORNILLOS, DISTRITO DE MORO”**

## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo principal estabilizar el suelo arcilloso mediante la adición de cenizas de conchas de pata de mula, para ello se llevó a cabo en el distrito de Moro (carretera Larea - Hornillos).

Este proyecto es una investigación aplicada y el método a aplicarse es experimental, se empleó para la muestra extraída del suelo adiciones al 4% y 6% y a su vez se realizaron los ensayos de acuerdo a procedimientos normados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

El material empleado (concha Pata de Mula) a utilizarse fueron recolectadas en un local comercial de Chimbote y a su vez fueron calcinadas a altas temperaturas produciendo un compuesto mineralógico que está conformado principalmente por CaO, por otro lado se ejecutó la prueba de XFR (fluorescencia de rayos X) para verificar que componentes obtenemos de las cenizas de concha de pata de mula y del suelo arcilloso. Se evaluó también el pH del suelo, cenizas y combinaciones dándonos valores alcalinos.

En la capacidad de soporte (CBR) se indica el aumento de porcentaje con respecto al suelo patrón y el experimental (4% y 6%) al 100% de su MDS, la calicata N°1 es de 4.9% aumentando al 9.6% y 17.3%, la calicata N°2 es de 3.7% aumentando al 12.6% y 19.3%, logrando así estabilizar el suelo arcilloso de una sub-rasante pobre a sub-rasante regular y buena.

## **ABSTRACT**

This research has as its main objective to stabilize the clay soil by adding ashes from mule leg shells, for this it was carried out in the district of Moro (Larea - Hornillos road). This project is an applied research and the method to be applied is experimental, additions to 4% and 6% were used for the sample extracted from the soil and in turn the tests were carried out according to procedures regulated in the soil mechanics laboratory of the San Pedro University. The material used (Pata de Mula shell) to be used were collected in a commercial premises in Chimbote and in turn were burned at high temperatures producing a mineralogical compound that is mainly made up of CaO, on the other hand the XFR test (X-ray fluorescence) was executed to verify what components we obtain from the ashes of mule leg shell and clay soil. The pH of the soil, ash and combinations was also evaluated.

In the support capacity (CBR) the percentage increase is indicated with respect to the standard and experimental soil (4% and 6%) to 100% of its MDS, the calicata N°1 is 4.9% increasing to 9.6% and 17.3%, the calicata N°2 is 3.7% increasing to 12.6% and 19.3%, thus managing to stabilize the clay soil from a poor sub-grade to regular and good sub-grade.

## ÍNDICE GENERAL

PALABRAS CLAVE :.....	ii
KEY WORDS:.....	ii
LINEA DE INVESTIGACIÓN .....	ii
TITULO.....	iii
RESUMEN .....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA .....	27
III. RESULTADOS .....	33
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	53
V. CONCLUSIONES .....	58
VI. RECOMENDACIONES.....	60
VII. AGRADECIMIENTO .....	61
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
IX. ANEXOS Y APÉNDICES .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular.....	9
Tabla 2. Categorías de Subrasante. ....	9
Tabla 3. Agente estabilizadores, según el tipo de suelo. ....	10
Tabla 4. Composición química de la Concha Pata de Mula expresada como elementos. ....	19
Tabla 5. Composición química de la Concha Pata de Mula expresada como óxidos. ....	19
Tabla 6. Variable Dependiente. ....	24
Tabla 7. Variable Independiente ....	25
Tabla 8. Técnicas e Instrumento de Investigación.....	30
Tabla 9. Tabla de resumen de composición química elemental de cenizas de concha Pata de Mula. ....	34
Tabla 10. Tabla de resumen de composición química de cenizas de concha Pata de Mula expresada en óxidos. ....	35
Tabla 11. Tabla de resumen de composición química elemental del suelo arcilloso. ....	36
Tabla 12. Tabla de resumen de composición química del suelo arcilloso expresada en óxidos. ....	37
Tabla 13. Cuadro de resumen de pH. ....	38
Tabla 14. Tabla de resumen de Proctor Modificado de calicata N°1 patrón.....	39
Tabla 15. Resultados del ensayo de Proctor Modificado de calicata N°1 patrón. ....	40
Tabla 16. Cuadro de resumen de Proctor Modificado de calicata N°1 experimental. ....	41
Tabla 17. Resultados del ensayo de Proctor Modificado de calicata N°1 experimental.....	42
Tabla 18. Cuadro de resumen de Proctor Modificado de calicata N°1 experimental. ....	43
Tabla 19. Resultados del ensayo de Proctor Modificado de calicata N°1 experimental.....	44
Tabla 20. Cuadro de resumen de Proctor Modificado de calicata N°2 patrón .....	45
Tabla 21. Resultados del ensayo de Proctor Modificado de calicata N°2 patrón.....	46
Tabla 22. Cuadro de resumen de Proctor Modificado de calicata N°2 experimental. ....	47
Tabla 23. Resultados del ensayo de Proctor Modificado de calicata N°2 experimental.....	48

Tabla 24. Cuadro de resumen de Proctor Modificado de calicata N°2 experimental.	49
Tabla 25. Resultados del ensayo de Proctor Modificado de calicata N°2 experimental.....	50
Tabla 26. Tabla de resumen de CBR de diferentes energías de compactación, Calicata N°1.....	51
Tabla 27. Tabla de resumen de CBR de diferentes energías de compactación, Calicata N°2. ....	51
Tabla 28. Tabla de resumen de cantidad de porcentaje adicionado en función a su MDS, calicata N°1.....	51
Tabla 29. Tabla de resumen de cantidad de porcentaje adicionado en función a su MDS, calicata N°2.....	52
Tabla 30. Tabla de resumen de CBR al 95% de su MDS en función a su adición. ...	52
Tabla 31. Tabla de resumen de CBR al 100% de su MDS en función a su adición. .	52



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Símbolos para representar los suelos.....	6
Figura 2. Estratigrafía de un suelo. ....	7
Figura 3. Grosor de Concha Pata de Mula.....	17
Figura 4. Ubicación Geográfica de la concha Pata de Mula en Chimbote. ....	18
Figura 5. Longitud y altura de Concha Pata de Mula.....	18
Figura 6. Elementos expresados en porcentaje de su composición química de concha “Pata de Mula”. ....	34
Figura 7. Elementos expresados en porcentaje de su composición química de concha “Pata de Mula”. ....	35
Figura 8. Elementos expresados en porcentaje de su composición química del suelo arcilloso. ....	36
Figura 9. Elementos expresados en porcentaje de su composición química del suelo arcilloso. ....	37
Figura 10. pH de Suelo y Combinación del 4% y 6%.....	38
Figura 11. Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad, calicata N°1 patrón.....	40
Figura 12. Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad de calicata N°1 experimental. ....	42
Figura 13. Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad de calicata N°1 experimental. ....	44
Figura 14. Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad de calicata N°2 patrón.....	46
Figura 15. Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad de calicata N°2 experimental. ....	48
Figura 16. Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad de calicata N°2 experimental. ....	50
Figura 17. Universidad Nacional de Trujillo .....	66
Figura 18. Carretera Larea - Hornillos .....	66
Figura 19. Calicata N°2 .....	67
Figura 20. Calicata N°1. ....	67

Figura 21. Ensayo de Limites de Atterberg .....	67
Figura 22. Ensayo de Análisis Granulométrico. ....	67
Figura 23. Ensayo de penetración de CBR .....	67
Figura 24. Ensayo de Proctor Modificado .....	67

## I. INTRODUCCIÓN

De los siguientes documentos recopilados se lleva a cabo a efectuar este trabajo de investigación denominado: “Estabilización de suelos adicionando cenizas de concha de Pata de Mula, Carretera Larea – Hornillos, Distrito Moro”, lo que hace de manera factible el desarrollo de este proyecto, esta investigación tuvo antecedentes muy importantes como:

MM Hazri, N. F Nasir (2020) nos comenta que en su investigación de diseño experimental y del tipo aplicada, reutilizó cascara de pata de mula para la producción de biodiesel pero para ello realizo un método de calcinación de 900, 950 y 1000°C durante 4 horas, que además se ejecutó la prueba de XRF (Fluorescencia de Rayos X) que obtuvieron como componente mineralógico el CaO y que como conclusión, el valor más alto en oxido de calcio da a partir a una temperatura de 950°C. Las conchas musculares de desecho tienen un gran potencial para ser utilizadas como biocatalizador económico y sostenible para el próximo proceso de transesterificación.

A su vez otro acontecimiento de Hui KhimOoi , Xin Ning Koh, Hwai Chyuan Ong, Huawei Voon Lee, Mohd Sufri Mastuli, Yun Hin Tau fi q-Yap, Fahad A. Alharthi,, Abdulaziz Ali Alghamdi y Nurul Asikin Mijan (2021) artículo de investigación de tipo aplicado y diseño experimental nos comenta que utiliza cascara de conchas, estas conchas son recursos potencial para la generación de CaO. Estos desechos naturales contienen en general calcio alrededor del 95% a 99% y que requiere un tratamiento para exponer a fases activas del calcio (calcinación) donde obtienen resultados favorables en su investigación.

Luego el antecedente de Quezada, S. (2017) nos comenta de su investigación del tipo de aplicado y el diseño experimental que reutiliza las conchas de abanico y pico de pato, fueron trituradas y se añadieron en porcentaje de 20%, 30%, 40%, 60% y 80% además del patrón arcilloso, la trituración está en un rango de partículas de 4.74mm y 0.075mm.

El empleo de las conchas de molusco en general tienen un efecto positivo cuando se requiere a estabilizar una sub-rasante arcillosa de una carretera, mientras más porcentaje a la mezcla con el suelo, aumentará la densidad seca y disminuirá el óptimo contenido para la compactación, por otro lado también disminuye la plasticidad,

expansión y absorción capilar, lo que generará un aumento de CBR del suelo arcilloso presentado y como resultado obtendremos un suelo menos susceptible al agua.

Su CBR de valva de pico de pato y de abanico logra un índice de sub-rasante pero no llegan a un índice de una sub-base y base.

Hay una reducción de absorción por capilaridad entre las dos conchas, pero mayor es la de la concha de abanico debido probablemente a su mayor rugosidad y aspereza.

Por otro punto Romero V. y Solar H. (2020) nos comenta de su investigación del tipo aplicado y diseño experimental, que evaluó las cáscaras de arroz en forma de cenizas (CCA) y residuos de valva de abanico (RCCA) en la carretera de acceso del Centro Poblado Rafael, distrito de San Pedro Lloc, porcentajes de 4%, 6% y 8% de CCA y porcentajes de 1%, 2% y 3% de RCCA donde el objetivo principal es encontrar la mejor combinación óptima que reporte mayor índice de CBR donde se logró obtener resultados favorables debido a las composiciones de CCA y RCCA ya que estos materiales contienen altos contenidos de elementos como CaO (Óxido de Calcio) y SiO<sub>2</sub> (Óxido de Silicio). En cuyos resultados para CBR1 y CBR2 de suelos en estado naturales arrojaron valores como 8.13% y 8.63% respectivamente y con la adición óptima de CCA (3%) y RCCA (8%) obtuvo valores que incrementó en su índice de CBR como 51.37% y 52.60%.

Por otro lado Carnero D. y Martos J. (2019) en su investigación del tipo aplicada y diseño experimental nos comenta que determinó la valva de molusco en su influencia como agente estabilizante en un suelo con contenido de arcilla en Chapate, Cascas. Se utilizó mezclas al 25%, 35%, 45% y 55% de partículas de 35.1mm y 18.4mm, ya que estas valvas fueron trituradas y obteniendo resultado de CBR hasta un 53.5% y que como conclusión este molusco funciona como un material estabilizador para suelos arcillosos.

Del mismo modo Ramos K. (2018) sostiene que su investigación del tipo de investigación aplicado y el diseño experimental, nos señala su composición química del molusco pata de mula que fue expuesta a 890°C durante 2 horas, indica que el material es puzolánico, contiene CaO a un 59.585% y otros componentes en elevadas proporciones (cementantes) que se utilizó para su diseño de concreto dándole así buenos resultados.

Luego, Bendezu, R. y Ilquimiche, S. (2016). En su trabajo, del tipo de investigación aplicado y el diseño experimental nos da mención sobre composición del material empleado (concha de pata mula) obteniendo: (CaO) 95.367%, (K<sub>2</sub>O) 2.884%, (SiO<sub>2</sub>) 0.932%, (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0.720% y (SO<sub>3</sub>) 0.097%. Lo cual sus resultados son favorables en relación a la norma, porque cumple con valores establecidos de su resistencia de concreto.

En la tesis de Espinoza, T. y Honores, G. (2018) tesis del tipo de investigación aplicado y el diseño experimental, nos señala la utilización de conchas y cenizas de carbón con proporciones de 20%, 25% y 30% lo cual aumenta su capacidad portante, dichos ensayos de CBR brindan un resultado de 14.50%, 19.80% y 15.60% respectivamente, pero estas conchas no cumplen de acuerdo a la norma ASTM C 977.

También en la Tesis de Carrasco, D. (2017) nos comenta que evaluó 6 calicatas en la ciudad de Moro, obteniendo como resultados de su ensayo de granulometría por tamizado las siguientes características de los suelos extraídos: entre un valor de 62.9% y 68.9% de material arcilloso, 28% y 34.8% de material arenoso y 1.6% y 3.9% de material gravoso lo cual al ser interpretadas se clasificaron como un suelo del tipo arcilloso (SC A(6) según AASHTO) del grupo 11 según su índice y que se obtiene mediante estos ensayos: “un suelo inestable”.

## FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

### Suelo y su Origen

Según Crespo C. (2014) nos comenta que a través de un proceso químico o mecánica, las piedras de la corteza terrestre están conformadas por materiales que están presentes en ella. La palabra “suelo” se define de distintas formas dependiendo de quién provenga como por ejemplo del geólogo, agrónomo o del ingeniero civil.

Entre los diferentes agentes físicos que producen cambios en la estructura de las rocas figuran el viento, los glaciares, el sol y el agua. Al actuar sobre dichas rocas, el sol lo que hace es calentar su capa exterior que interior, provocando reacción denominada expansión generando grandes esfuerzos en su estructura lo que conlleva a su rompimiento de su capa superficial y al desprendimiento. Dicho proceso se le conoce como exfoliación y su carácter puede cambiar dependiendo de varios factores tales como: las localidades, las alturas diferentes sobre el nivel del mar, las etapas del año y también las diferentes tipos de rocas. (Crespo C., 2014)

El agua y el viento también vienen siendo partes fundamental del cambio de las rocas, en el caso del agua es su propio movimiento es un elemento importante en la erosión, provocando la fricción de unos con otros haciéndolos redondeados como que se encuentran en los ríos. Por otro lado el viento arrasa arenas como el loess y el médano y erosiona el suelo. (Crespo C., 2014)

La oxidación la carbonatación y la hidratación se pueden mencionar como los principales agentes químicos. La oxidación es la reacción química que pueda ocurrir en todas rocas al percibir el agua de lluvia, ya que tanto como el oxígeno del aire y la presencia de humedad, reaccionan químicamente produciéndose así el fenómeno de oxidación. Por otro lado las rocas que contengan fierro, calcio, magnesio, sodio o potasio están más dispuesta al ataque ácido carbónico ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) esta reacción se le denomina carbonatación. Y por último La hidratación, el agua se puede absorber y se puede combinar químicamente formando así nuevos minerales, este la acción y efecto de combinar un cuerpo con agua para formar hidratos, o sea compuestos químicos que contienen agua en combinación. (Crespo C., 2014)

## **Principales tipos de suelos**

Según Crespo Villalaz C. (2014) se distribuyen en 2 grupos los suelos: suelos cuyo origen se debe a la descomposición física y/o química de las rocas (orgánicas e inorgánicas).

### **Arcillas**

La arcilla son partículas sólidas con diámetro menor a 0.005mm y al ser mezclada con agua tiene la propiedad de volverse plástica. Es un silicato de alúmina hidratado, en algunos casos dichos minerales son generalmente cristalinas complicadas y que sus átomos tienen una estructura laminar. Existen 2 ejemplos de estas láminas: lamina aluminico y lamina sílico. (Crespo C., 2014)

### **Tipos de Arcillas**

#### **Caolinitas**

Se conforman estos minerales por aluminosilicatos bajos en sílice caracterizados por láminas alternas de tetraedros. La caolinita no cuenta con sustituciones isomórficas mínimas, por ello su estructura es eléctricamente neutra y muestra actividad física baja. Esta arcilla presenta una baja CIC (3 y 15 cmol(+).l-1 arcilla), superficie específica (7 a 30 m<sup>2</sup>.g-1), plasticidad baja y cohesión, lo que permite el lavado fácil de cationes en los ecosistemas calientes y húmedos donde prevalecen. (Alvarado, A; Mata, R. y Chinchilla, M; 2013, p 122)

#### **Illita**

Este tipo de arcilla está conformada por unidades cristalinas entrelazadas entre sí por iones de K<sup>+</sup>, de proporción 2:1 no expandible. Dichas propiedades las mantiene estrechamente juntas sin alterar procesos como contracción y expansión ante cambios de humedad. Su estructura se conforma por una lamina de octaedros de Al en medio de 2 capas de tetraedros de Si en donde los vértices apuntan en una misma dirección. Los átomos de Si<sup>4+</sup> están sustituidos por Al<sup>3+</sup> y la diferencia de carga es equilibrada con K<sup>+</sup>. Cuando la carga no es equilibrada con K<sup>+</sup> se pueden adsorber o rcambiar otros cationes. (Alvarado et ál, 2013, pp 112-113)

#### **Montmorillonita**

En cuanto a su capacidad de retracción y expansión interlaminar por el humedecimiento y secado, dicha arcilla es la más representativa del grupo de las

esmeclitas, su estructura posibilita la hidratación de los cationes interlaminares que provocan la separación de las láminas. Esta arcilla se conforma por dos láminas de tetraedros de Silicio y una lámina de octaedros de Aluminio en el que origina carga eléctrica por sustitución isomórfica del  $Al^{3+}$  por  $Mg^{2+}$ . La montmorillonita rica en Fe, la disolución de piritita con enriquecimiento simultáneo con Si, O, Mg, K, Na y Ca bajo condiciones marinas. (Alvarado et ál, 2013, p113)

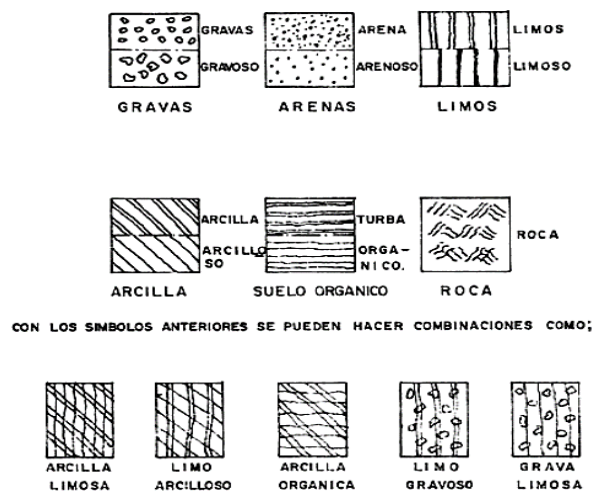
Según García R; Flórez E. y Acevedo C. (2018, p 31). Las características químicas de arcillas de montmorillonita es:  $SiO_2$ : 48 - 56%,  $Al_2O_3$ : 11 - 22%,  $MgO$ : 0.3 - 0.8%, y los porcentajes obtenidos en el análisis de XRF lo hace adecuado para este uso. Los valores de las proporciones de óxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ) son normales hasta un 10% de porcentaje.

### Suelos Cohesivos

Los suelos cohesivos tienen una propiedad distinta a las demás que es unión intermolecular, por ejemplo, el de las arcillas. Los suelos no cohesivos están formados por fracciones de roca sin ninguna cimentación, como la grava y arena. (Crespo C., 2014)

**Figura 1.**

Símbolos para representar los suelos.

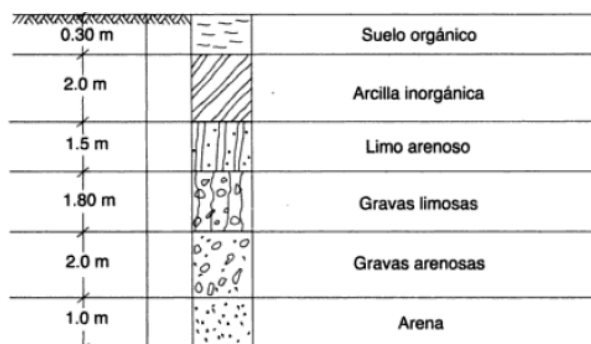


Nota. Adaptado de *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (p 27), Crespo Villalaz C., 2014.



**Figura 2.**

*Estratigrafía de un suelo.*



Nota. Adaptado de *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (p 27), Crespo Villalaz C., 2014.

## **Pavimento**

Se conforma por distintas capas horizontales superpuestas, estas se diseñan y se construyen técnicamente con componentes apropiados y adecuadamente compactados. Se depositan sobre la sub-rasante y soportan todos los esfuerzos de las cargas repetidas que genera el tránsito, que se le transmite durante el todo ciclo de vida la cual fue diseñada. (Montejo Fonseca A., 2002)

### **Clasificación de los Pavimentos**

#### **Pavimentos Flexibles**

Son conformados por una capa bituminosa que descansa sobre la base y la subbase. Dependiendo de las necesidades particulares de cada obra se puede prescindir de cualquiera de estas capas. (Montejo A, 2002)

#### **Pavimentos Semi-Rígidos**

El pavimento semirrígido tiene similar estructura del pavimento flexible ya que en uno de los tramos del pavimento se le añaden aditivos que podría ser el cemento, asfalto, emulsión, cal y otros químicos donde estarán endurecidos artificialmente. Los aditivos añadidos tienen como fin modificar o corregir las características mecánicas de sus componentes. (Montejo A., 2002)

#### **Pavimentos Rígidos**

Están formadas fundamentalmente por concreto hidráulico, están posicionadas en la sub-rasante o también en una capa de material seleccionado, a la que se le denomina sub-base. Su distribución de sus esfuerzos se produce en una zona muy amplia y esto

se debe al concreto hidráulico por su alta rigidez y su numeroso coeficiente de elasticidad. El concreto hidráulico resiste en algunos grados los esfuerzos de tensión, también es suficientemente satisfactorio en cuanto a su comportamiento. La disposición de estas losas de concreto depende mucho de su resistencia y por el diseño de las subyacentes capas. (Montejo A., 2002)

### **CBR estables para suelos**

Sub-rasante: los suelos deben ser suelos adecuados y estables con  $CBR \geq 6\%$ . En caso el suelo, debajo del nivel superior de la subrasante, tenga un  $CBR < 6\%$  (subrasante pobre o subrasante inadecuada), corresponde estabilizar los suelos, y se buscare alternativas de solución por el ingeniero responsable, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiendo el más conveniente optando por el punto técnico y económico. (Manual de Carreteras Geotecnia, suelos y Pavimentos, 2013 p 23)

Sub-base: Capa de material diseñado, el cual soporta a la base y a la carpeta asfáltica. La sub-base puede ser de material granular ( $CBR \geq 40\%$ ) o tratada con asfalto, cal o cemento. (Manual de Carreteras Geotecnia, suelos y Pavimentos, 2013, p 24)

Base: Tiene como principal función de distribuir, sostener y transmitir todas las cargas generadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ( $CBR \geq 80\%$ ) o será tratada con asfalto, cal o cemento. (Manual de Carreteras Geotecnia, suelos y Pavimentos., 2013, p. 24)

**Tabla 1.**

Valor relativo de soporte, CBR en base granular.

Según el tipo de carreteras	Índice de CBR
Para carreteras de segunda clase, tercera clase, bajo volumen de tránsito; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 80%
Para carreteras de primera clase, carreteras duales o multicarril, autopistas; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 10^6$ )	Mínimo 100%

Nota. Adaptado del Manual de Carreteras Geotecnia, suelos y Pavimentos (p. 132), 2013

**Tabla 2.**

Categorías de sub-rasante.

Categorías de Sub-rasante	Índice de CBR
S <sub>0</sub> : Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante pobre	De CBR $\geq 3\%$ a CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante regular	De CBR $\geq 6\%$ a CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante buena	De CBR $\geq 10\%$ a CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante muy buena	De CBR $\geq 20\%$ a CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante excelente	De CBR $\geq 30\%$

Nota. Adaptado del Manual de Carreteras Geotecnia, suelos y Pavimentos (p. 132), 2013

## Estabilización de suelos

### Suelos

De acuerdo a la Norma CE 020 (2016) todos los suelos que al tener deformaciones excesivas o pérdida de su capacidad de carga que pongan en riesgo la vida humana, bienes materiales y/o el ambiente, deberán ser estabilizados de acuerdo al análisis realizado por el Profesional Responsable.

### Estabilización mediante métodos químicos

La Norma CE 020 (2016) nos menciona que se aplican dichos métodos, en tales casos que:

- a) En obras civiles sustentadas que no cumpla con los requisitos mínimos de resistencia o deformación.
- b) En condiciones naturales no pueda ser empleado.
- c) No pueda ser reemplazado o eliminado por otro.

Para aplicar estos métodos, se deberá sustentar previamente mediante un estudio técnico por el profesional responsable, que dicho suelo alcanzará la adecuada resistencia, estabilidad volumétrica, durabilidad, compresibilidad y permeabilidad. No deben generar riesgo para el hombre, otros seres vivos y el ambiente el empleo de estos insumos.

### Aditivo Estabilizador

En suelos con materiales orgánicos o de granulometrías muy finas (por ejemplo, en zonas de selva tropical, zonas de lluvias torrenciales, zonas pantanosas, etc.) el aditivo estabilizador debe emplearse para el tratamiento de estas superficies. Debe cumplir normas internacionales de certificación ISO. El profesional responsable junto al proveedor del aditivo, antes de su empleo deberá verificar los métodos, dosificaciones y pruebas de control. (Norma CE 020, 2016)

Los suelos que contengan más de 25% de finos cohesivos deberán emplearse aditivos para mejorar el comportamiento estructural. (Norma CE 020, 2016)

**Tabla3.**

Agente estabilizadores, según el tipo de suelo.

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Arcillas Finas</b>	<b>Arcillas Gruesas</b>	<b>Limos Finos</b>	<b>Limos Gruesos</b>	<b>Arenas Finas</b>	<b>Arenas Gruesas</b>
Tamaño de partículas (mm)	< 0.0006	0.0006 – 0.002	0.002 – 0.01	0.01 – 0.06	0.06 – 0.4	0.4 – 2.0
Estabilidad volumétrica	Muy pobre	Regular	Regular	Bueno	Muy bueno	Muy bueno
CAL	SI	SI	SI	-	-	-
CEMENTO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
ASFALTO	-	-	-	-	SI	SI

Nota. Adaptado de la *Noma CE 020*, 2013.

## **Estabilización con Cal**

La Norma CE 020 (2016) menciona que las dosificaciones dependerán del tipo de arcilla. Están comprendidas entre el 2% al 8% de cal por peso seco de suelo. En el laboratorio se determinará dicho porcentaje, siguiendo los pasos siguientes:

- a) El porcentaje de cal se calculará en función del pH.
- b) Producir muestras para el ensayo de máxima densidad seca y compresión no confinada a la humedad óptima.
- c) Establecer el crecimiento de la resistencia del suelo estabilizado con cal.
- d) Si el aumento de resistencia, con la primera proporción de cal calculado, es superior a 3.5 kg/cm<sup>2</sup>, se determinará la variación en la resistencia para muestras elaborados con + 2% de cal.
- e) Cuando la resistencia no incrementa de forma importante de deberá indicar el contenido de cal.
- f) Proyectar una gráfica de resistencia y % de cal.

Las muestras de suelos que se utilicen para la composición de Suelo-Cal deberán estar limpios y no deberán contener más del 3% de su peso de materia orgánica. El índice de plasticidad debe estar comprendida entre 10 y 50 de la malla N° 40. El máximo tamaño del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser excedido del 1/3 del espesor de la capa compactada de Suelo-Cal. La cal que se utilice para la elaboración de Suelo-Cal puede ser cal hidratada o viva y deberá cumplir con los requisitos establecidos (AASHTO M-216 o NTP N° 334.125:2002 Cal viva y cal hidratada para Estabilización de Suelos). (Norma CE 020, 2016)

Con respecto al Manual de Carreteras (2013) nos menciona que la estabilización con adición de cal obtiene resultados favorables:

- i. Componentes combinados por arcilla y grava donde su empleo como capa granular, con una incorporación de 2 a 4% de Ca (OH)<sub>2</sub> en peso.
- ii. Suelos sumamente arcillosos, empleados como capa granular inferior (1 a 3% de cal en peso) o superficial (5 a 10% de cal en peso).

## **La Cal**

En la construcción más antigua la cal es un conglomerante que ha sido empleado. Se trata de un elemento transpirable y biodegradable elaborado a partir de la

calcinación de piedra caliza con un alto contenido de carbonato cálcico, que ve alterada su estado físico a medida avanza el ciclo de la cal a lo que llega a obtener mayor resistencia y por otro lado altera también su composición química. (Mileto C., Vegas F., Manzanares M., García S., Tomás S. y García A., 2018)

Mediante la calcinación de la piedra (caliza) se logra adquirir la cal viva que, al ser hidratada, se transforma en cal apagada. Estos productos, al ser unidos con agua o áridos, obtenemos diferentes componentes que se pueden usar en cualquier tipo construcción. Es muy útil este conglomerante para la elaboración de pastas y morteros, utilizados en la restauración por su ductilidad, su bajo contenido de sales, su baja velocidad de retracción y su porosidad, que en su aparición de fisuras disminuye.. (Mileto et al., 2018)

### **Tipos de Cal para la Construcción**

Las calizas son seleccionadas y procesadas en hornos, estas deben tener un alto de contenido de carbonato cálcico [ $\text{CaCO}_3$ ] que al exponerlo a altas temperaturas de unos  $900^\circ\text{C}$  obtenemos las cales aéreas. Requieren de estar en contacto con el  $\text{CO}_2$  del ambiente para que fraguar porque carecen de características hidráulicas. (Mileto et al., 2018)

Suelen ser cales cálcicas porque mencionado anteriormente proceden de la calcinación de piedra caliza, su contenido de magnesio es menor al 5% y cuando este sea superior al 5% se le denomina dolomítica. Las dolomíticas no suelen ser empleadas para la construcción porque al añadirle agua forma una pasta que, al secarse, se convierte en polvo. (Mileto et al., 2018)

Las cales hidráulicas se obtienen mediante la calcinación de calizas con un mayor contenido de arcillas. Son capaces de fraguar bajo el agua y no necesitan estar en contacto con el  $\text{CO}_2$  del ambiente para fraguar. (Mileto et al., 2018)

Las cales con contenido de superior al 95% de carbonato cálcico se le denomina cales grasas ya que dan lugar a pastas con mayor untosidad, y cales con menor al 95% de carbonato cálcico y 5% de contenido de arcilla se le denomina cales magras estas son pocas adecuadas para el uso en la construcción. (Mileto et al., 2018)

## **Modificaciones de Suelos Arcillosos con Cal**

Al añadirle cal a un suelo que contiene partículas finas (arcilla), altera su comportamiento por la unión de sus características. Se manifiestan en su alteración de textura del suelo y el aumento de su resistencia. (Bauzá J; 2003)

Existen 3 importantes diferencias con lo que respecta a sus 2 manifestaciones, la primera es su alteración de textura es casi rápida mientras que su resistencia suele llevar a un plazo mayor; La segunda diferencia es que la primera modificación (textura) es adaptable a todos los suelos del tipo arcilloso, pero su resistencia se producen en menor o mayor medida, incluso no llegan a ocurrir por el tipo de suelo y la mineralogía que presenta en ellas; La tercera diferencia es la cantidad de Cal, ya que la primera dosis hace el cambio de la primera manifestación (textura) y que para mejorar su resistencia es preciso superar la primera proporción, caso contrario no podrá facilitar dichas reacciones. (Bauzá J; 2003)

### **Modificación de la Textura y Consistencia**

Bauzá J. (2003). Nos indica que un suelo del tipo arcilloso al momento de la adición de la Cal experimenta los siguientes fenómenos:

- Elimina la propensión a modificaciones en el suelo con un desequilibrio eléctrico de las partículas mediante una estabilización.
- Disminuye el contenido de agua adsorbida en torno a partículas y es susceptible a los cambios de humedad.
- Un comportamiento menos cohesivo basado en el rozamiento de las partículas del suelo (incremento de su resistencia) por el desorden de las partículas.

### **La Reacción Puzolánica**

La sílice y alúmina, y otros elementos que reemplazan como el magnesio, hierro, etc. Son los que contienen las arcillas su estructura. Las arcillas son productos de la naturaleza con propiedades puzolánicas. Para producir productos cementantes la arcilla debe estar condiciones de pH altos para provocar un efecto consistente con la reacción de la cal con la sílice y alúmina. (Bauzá J., 2003)

Al mezclar la arcilla (sílice y alúmina) y cal, lleva a formar silicatos y aluminatos de calcio hidratados, los cuales son productos similares a los que se generan durante

el fraguado del cemento portland. Pero no todas las arcillas son susceptibles a manifestar estas reacciones de la misma proporción porque dependerá por la cantidad de fuentes de sílice y alúmina de la arcilla en su disponibilidad, por lo tanto dependerá del material presentado en la arcilla. (Bauzá J., 2003)

La reacción puzolánica es un proceso lento y que se puede dar con los días, hasta semanas para que se alcance un efecto casi completo o sustancial, por lo que se debe considerar el factor tiempo. En otro punto importante que no se ha considerado a la fecha es la condición del curado por las condiciones de humedad y temperatura que desarrolla la reacción a lo largo de los primeros días. (Bauzá J., 2003)

National Lime Association. (2007) como se citó en Amaya M., Botero E. y Ovando E. (2019) mencionando que el óxido de calcio o cal viva es un tipo de cal no hidratada desde su origen y permite adquirir las siguientes reacciones en contacto con los suelos naturales: La primera, independientemente de la cantidad de arcilla presente, es la disminución de la humedad o secado, producido por la reacción exotérmica durante la hidratación del CaO, por otra parte, en materiales con prese

ncia de finos, durante el proceso de mezclado se genera la segunda reacción o modificación físico-química para valores de  $\text{pH} < 12.45$ , en la cual se presenta un secado adicional y un aumento temporal de la resistencia, dicha reacción conduce a los procesos de floculación y aglomeración de las arcillas construyendo un nuevo material disgregable de aspecto granular y con propiedades plásticas por algún tiempo lo que facilita su trabajabilidad y su compactación, finalmente la tercera etapa, definida como estabilización química para valores de  $\text{pH} > 12.45$ , a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , condición que permite la ruptura de las partículas, la solubilidad y liberación de la sílice y la alúmina de la arcilla la cual garantiza el efecto permanente de la cementación de los materiales a Largo Plazo contribuyendo al aumento de resistencia y la mitigación de los cambios volumétricos

A lo mencionado anteriormente por Atienza m. (2003) nos indica el mínimo valor de pH para que puedan producirse las reacciones puzolánicas de cementación a largo plazo de los suelos con combinación de la cal, (lo cual se consiguen el aumento de las propiedades mecánicas), es esencial que el valor del PH sea mayor a 12 para las capas de asiento de firme y mayor a 10 para las otras capas.



**Tabla 3.**

Clasificación de suelos AASHTO.

<b>Clasificación AASHTO</b>	<b>Descripción</b>
A-7-5 y A-7-6	Materiales orgánicos de alta compresibilidad
A-6	Materiales orgánicos de baja compresibilidad y limos de alta compresibilidad
A-5	Arcillas y limos de baja compresibilidad
A-4	Arenas arcillosas
A-3	Arena de pobre gradación
A-2-6 y A-2-7	Arenas limosas
A-2-4 y A-2-5	Arenas bien gradadas
A-1-b	Gravas de pobre gradación
A-1-a	Gravas bien gradadas

Nota. Adaptado del Método de clasificación “American Association of State Highway and transportation Officials (AASHTO)”.

### **pH de suelos**

Está expresado como el grado de acidez del suelo, es decir es la concentración de hidrogeniones  $H^+$  (en forma logarítmica). El pH condiciona considerables números de acciones, afectando así a las características químicas, biológicas y físicas del suelo. Este estudio nos serviría para conocer el efecto sobre estas propiedades así como sobre sus nutrientes en su disponibilidad. El pH está dado por escalas donde el máximo valor es 14 (suelo alcalino), un valor de  $pH=7$  pertenece a un suelo neutro y valores menos a 7 son considerados suelos ácidos. (Soriano M., 2018)

Si el suelo tiene un pH menor al valor de 7, significa que el suelo contiene mayores iones  $H^+$  que cationes minerales del suelo ácido. Si el valor de pH equivale al valor de 7, el suelo contiene el equivalente cantidad de iones  $H^+$  que cationes minerales del suelo neutro. Si este es mayor a 7, significa que el suelo contiene iones de menor cantidad  $H^+$  que cationes minerales del suelo básico. (Soriano M., 2018)

### **Efecto del pH sobre la estructura del suelo**

Influye considerablemente el pH sobre la estructura del suelo, los suelos sumamente ácidos muestran una deficiente estructura, caracterizada por la porosidad baja y en

efecto: dificultad en su trabajabilidad, escaso desarrollo radicular, fenómenos de erosión, mala aireación, baja permeabilidad, etc.). Surge por la ausencia de cationes  $\text{Ca}^{2+}$  y no por el elevado n° de iones  $\text{H}^+$ , la materia orgánica de estos suelos deben ser de buena calidad porque si no tendría menor capacidad de cementar los agregados. Y la actividad microbiana deberá ser débil. (Soriano M., 2018)

Soriano M. (2018) nos comenta sobre dos procesos denominados acidificación y descalcificación que pueden identificarse agronómicamente. En cuyos procesos suceden:

- 1) En la solución del suelo muestra pérdida de iones calcio, debido por riego o lluvia, como su relación por el cultivo.
- 2) La contribución de abonos que tengan  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ , o que generen  $\text{H}^+$ , y también por el riego con aguas (salinas) que causan el  $\text{Ca}^{2+}$ , su consecuencia el incremento de la concentración de otros iones.
- 3) La estructura empeora por el efecto de la reducción de calcio (descalcificación) que produce una ocupación del complejo de cambio por  $\text{H}^+$  (acidificación) y estos protones pasan a la solución del suelo, la arcilla se disgrega por falta de iones floculantes.

Por otra parte los suelos básicos tienen una deficiente estructura; porque en estos suelos abundan los iones  $\text{Na}^+$  (suelos salinos), estos se trasladada al ion  $\text{Ca}^{2+}$  fuera del complejo de cambio, y las arcillas consiguen disgregarse debido a la capacidad baja floculante del sodio, dando como resultado en este caso una descalcificación sin acidificación. (Soriano M., 2018)

### **Molusco Pata de Mula**

Esta especie está formada por dos capas (valvas) iguales que tiene una forma oval, cada capa(valva) contiene 34 a 37 costillas radiales y el periostraco de color marrón oscuro con cerdas entre las costillas, su longitud máxima es de 110mm y el margen dorsal de las valvas es angular. (Mora, 1990; Mendoza, 2002; Guilbert, 2007).

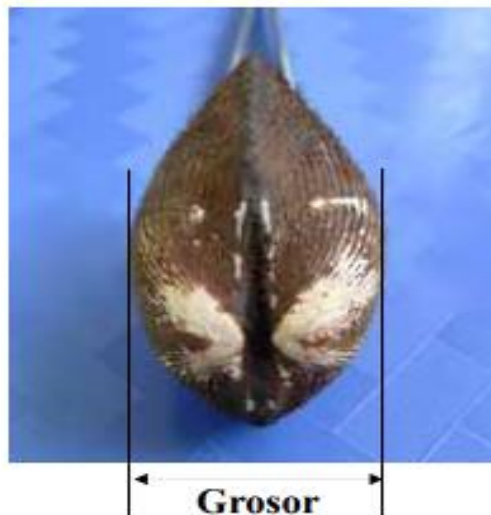
Su distribución está ubicado en el Océano Pacífico (desde México hasta Perú). Su máxima talla de 8 centímetros y común hasta 6 centímetros. Vive casi completamente hundido dentro del fango, desde la zona intermareal hasta unos 5m de profundidad.

Abundante en pantanos de manglares. (FAO/Pacífico Centro-Oriental, Bivalvos). (Galdámez A; Pacheco S; Pérez I. y Kino S; 2007)

Las biomásas muy reducidas de este recurso de dan a la fuerte presión humana por esta razón, es necesario estudiar más la biología básica de este molusco, para que permita evaluar el potencial como recurso aprovechable y su conservación. Este molusco se pude colectar en la playa “El Dorado” al sur de la ciudad de Chimbote, en la bahía de Samanco donde sus coordenadas son: 78°28’-78°34’LW y 9°10’-9°16’LS, Ancash, Perú. (Ortiz G. et ál, 2011).

**Figura 3.**

Grosor de Concha Pata de Mula.



Nota. Adaptado de *Guía para la Producción de Anadara spp. 2006-2007* (p. 18) por Galdámez A; Pacheco S., Pérez I. y Kino S. (2007)

**Figura 5.**

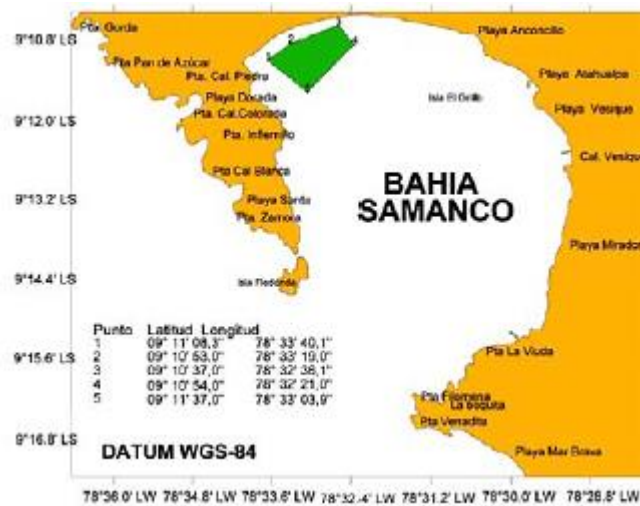
Longitud y altura de Concha Pata de Mula.



Nota. Adaptado de *Guía para la Producción de Anadara spp. 2006-2007* (p. 18) por Galdámez A; Pacheco S., Pérez I. y Kino S. (2007)

**Figura 4.**

Ubicación Geográfica de la concha Pata de Mula en



Nota. Adaptado de *Biología Reproductiva de la "Concha Corazón" Trachycardium Procerum (Sowerby, 1833) (Cardiidae, Pelecypoda) de Chimbote, Perú.* (p. 70) por Ortíz K; Iannacone J; Perea de la Matta A. y Biutrón B.(2011)

**Tabla 4.**

Composición química de la concha “Pata de Mula” expresada como elementos.

Composición Química	Resultado (%)	Método Utilizado
Calcio (Ca)	97.606	
Cloruro (Cl)	1.623	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Azufre (S)	0.728	
Hierro (Fe)	0.043	

Nota. Adaptado de *Sustitución del Cemento por 8% y 16% en Combinación del Molusco Trachy Cardyum Procerum (Pata de Mula) y hoja de Eucalipto en Mortero y Determinar su Resistencia.* (p. 77) por Carrillo R. (2018)

**Tabla 5.**

Composición química de la concha “Pata de Mula” expresada como óxidos.

Composición Química	Resultado (%)	Método Utilizado
Óxido de Calcio (CaO)	99.627	
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	0.195	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Cloruro (Cl)	0.093	
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.084	

Nota. Adaptado de *Sustitución del Cemento por 8% y 16% en Combinación del Molusco Trachy Cardyum Procerum (Pata de Mula) y hoja de Eucalipto en Mortero y Determinar su Resistencia.* (p. 77) por Carrillo R. (2018)

## Ensayos de Laboratorio

### CBR (Norma ASTM D-1883-73)

Determinación el índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que se le conoce como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza sobre un suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de densidad y humedad; pero también puede ejecutarse en forma análoga sobre especímenes inalteradas tornadas del terreno. Se utiliza para evaluar la resistencia potencial de sub-base, sub-rasante y base. (Norma MTC E 132)

### Proctor Modificado (Norma ASTM D-1557)

Determina la relación entre el peso unitario seco del suelo y el contenido de agua, usando energía modificada de 2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-libf/pie<sup>3</sup>). Se aplica para

suelos que contengan 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en la malla  $\frac{3}{4}$ " (19,0mm). (Norma MTC E 115)

#### **Análisis Granulométrico (Norma ASTM D-422)**

Determina en cantidad la distribución de partículas de suelo en tamaños. Describe en como determinar los porcentajes de suelo que pasan por las distintas malla, hasta la malla N°200 (74 mm). (Norma MTC E 107)

#### **Contenido de Humedad (Norma ASTM D-2216)**

Es la relación que se expresa como porcentaje del peso del agua en una masa dada del suelo.

Determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo en un horno controlado a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ . El peso del suelo secado del horno es utilizado como el peso de las partículas sólidas y la pérdida de peso debido al secado son considerado como el peso del agua. (Norma MTC E 108)

#### **Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad (Norma ASTM D-4318, NTP 339.129)**

Se expresan en porcentajes (contenido de humedad), donde el suelo se halla en límite de estado plástico y líquido. Cuando cae la copa 35 veces desde un centímetro de altura a dos caídas por segundo. donde se cierra en el fondo el surco separado por 2 mitades de suelo (forma de pasta) de  $\frac{1}{2}$ " (13mm). (Norma MTC E 110)

El límite plástico (LP) es la humedad más mínima con la que se logra formar bastones del suelo de un  $\frac{1}{8}$ " (3,2 mm) de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano en una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen. (Norma MTC E 111)

## **JUSTIFICACIÓN**

### **Nivel Social**

El motivo fundamental para la ejecución de este proyecto es que las cualidades mecánicas del suelo arcilloso en la carretera Larea-Hornillos del distrito de Moro mejoren mediante el cual optimizará la transitabilidad del transporte al acceso de este tramo, así mismo también se facilitará el desplazamiento de los pobladores que hacen su labor diario. Actualmente las personas se transportan en autos, motos, camionetas u otro medio de transporte, lo que ocasiona incomodidad debido al mal estado en que se encuentra dicho tramo es por ello que este proyecto de investigación favorecerá a este tipo de suelo, permitiendo la transitabilidad de los vehículos que transportan productos que ofrece aquellos pobladores y por ende conllevará que los habitantes tengan a una mejor calidad de vida.

Esta investigación plantea utilizar conchas de pata de mula que serán calcinadas y tamizadas por la malla N°200 para aplicar en la combinación de Suelo-Ceniza, el empleo de este material inorgánico que por parte origina una contaminación mayor que ya precede en playa “El Dorado”, distrito de Nuevo Chimbote, donde es un botadero de residuos sólidos de Concha “Pata de Mula”, por otro lado su proceso beneficiara a todo la comunidad de este distrito, pero no solo a esta comunidad si no a cualquier lugar que presente de estos desechos que proporciona un alta contaminación, con el fin de disminuir el impacto ambiental y mejora la calidad de vida de los habitantes .

### **Nivel Científico**

En Ancash se encuentran con diversos tipos de suelos y uno de ellos son los suelos del tipo arcilloso el cual genera una inestabilidad en cualquier proyecto de construcción, lo que genera un gran problema esto se debe a las propiedades que contienen las arcillas y que además encontramos variedades de recursos como es la concha de pata de mula, estas conchas tienen propiedades puzolánicas al ser sometidas a tratamientos que generen cambios en su composición estructural otorgándonos un material que al aplicarlo a las arcillas y con el agua nos brinden un material cementante, esto originará un mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo que tiene como objetivo principal esta investigación y proponerlo como un agente

estabilizante. Esta investigación ayudará a contribuir a la comunidad de investigación y colocar a disposición de todos los estudiantes, brindándoles información sobre nuevas formas de estabilización en suelos con recursos naturales que podemos acceder fácilmente y que por parte podemos reducir el impacto ambiental, también podría ser parte de un antecedente para tesis relacionadas a la estabilización de suelos.

## **PROBLEMA**

### **Realidad Problemática**

Los suelos de tipo arcilloso son muy malos para el uso de la ingeniería civil como la edificación de estructuras, ya que cuenta con ciertas propiedades de expansión y contracción que causan problemas de estabilidad en gran cantidad de obras, por consiguiente es fundamental buscar soluciones para optimizar sus características químicas y físicas del suelo y así de esta manera poder utilizar como capa estructural para edificaciones que se presenten cumpliendo con parámetros que nos rige la norma.

A nivel internacional en Colombia corresponde a una zona primordial de actividades agrícolas, lo cual sus vías presentan con daños superficiales como piel de cocodrilo, hundimientos, pérdidas de bermas y ondulaciones que son causados principalmente por características que posee el suelo, ya que contiene arcillas altamente expansivas. (Rojas L. y Rivera S; 2014).

En la región de Junín, distrito de Parihuanca, se vienen realizando periódicamente mantenimientos de la capa superficial ya que presenta baches y ahuellamientos, esto se origina por el comportamiento principal de la sub-rasante, a la calidad de soporte que posee (baja) ya en esta red vial se encuentra con un fuerte material del tipo arcilloso, humedad sensible que provoca alteraciones volumétricas. (Cuadros C; 2017)

En la Ciudad de Moro, carretera Larea - Hornillos tiene también estos tipos de suelos (arcillosos) por lo cual no está pavimentada por lo mencionado anteriormente ya que es un problema para toda obra civil, lo cual surge la necesidad de mejorar sus propiedades mecánicas, por el mismo modo del traslado de personas o quizás la incomodidad de los transeúntes, por ello en este trabajo de investigación se optará una opción de alternativa podría ser mediante el empleo de cenizas de concha de pata de mula que se aplicará para el tramo Larea - Hornillos y así comprobar su factibilidad del uso de estas conchas como agente estabilizador, por ello se pretende mejorar todo



sus propiedades físicas y mecánicas, por el cual también contribuirá la ayuda de utilizar materiales que afecten a nuestro medio ambiente, evitando materiales de préstamos y explotación de canteras lo cual origina un alto costos de ellos.

### **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, la formulación de la pregunta se describe de la siguiente manera:

¿Cómo influye el CBR con la adición del 4% y 6% de cenizas de concha de pata de mula en suelos arcillosos?

## CONCEPTUACIÓN Y OPERACIONALIDAD DE LA VARIABLE

**Tabla 6.**

Variable dependiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION ES	INDICADOR ES
<b>Estabilización de Suelos</b>	Este es un proceso de alteración de las características del suelo in situ o tomando a un costo más bajo y con mejor control de calidad. Las técnicas de mejora del suelo se pueden colocar en dos categorías principales: (1) estabilización química y (2) la estabilización mecánica. (Braja M. Das, 2013)	Se realizará la estabilización química, a través de la adición de cenizas de concha de pata de mula en 4% y 6%, lo cual se busca modificar sus propiedades físicas y químicas para uso en carreteras. La finalidad de evaluar la estabilización es comprobar la interacción que tiene estas conchas mediante mezclas de cenizas-suelo que generen un impacto en sus propiedades.	Contenido de Humedad Granulometría Índice de Plasticidad Capacidad Portante del suelo	Indicadores Desviación Estándar Varianza Promedios

Nota. Elaboración Propia

**Tabla 7.**

Variable independiente

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>Dosificaciones para concha de pata de mula en cenizas (CaO) para soluciones de suelos.</b>	Se define como suelo tratado con cal a la mezcla homogénea y uniforme de un suelo con cal a fin de mejorar las propiedades geotécnicas o trabajabilidad del mismo. (Atienza Díaz M., 2014 pág. 6)	Es aquella mezcla de suelo-ceniza de concha pata de mula en proporción de 4% y 6% añadidas a suelos arcillosos en la red vial Larea – Hornillos del distrito de Moro, de acuerdo a las siguientes normas establecidas para la estabilización de suelos con cal, norma CE 020 y el Manual de Carreteras EG-2013.	Dosificación en 4% y 6%	Promedios de CBR. Promedios de Contenido de Humedad. Promedios de Límite líquido, plástico e Índice de Plasticidad. Promedios de Proctor Modificado. Promedios de Análisis Granulométrico.

Nota. Elaboración propia

**HIPOTESIS**

Con la adición del 4% y 6% de cenizas de concha de pata de mula influirá positivamente el CBR de los suelos arcillosos que se presentan en la red vial Larea – Hornillos, distrito de Moro.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Estabilizar los suelos arcillosos adicionando cenizas de concha “Pata de Mula”, carretera Larea – Hornillos, distrito de Moro.

### **Objetivo Específicos**

- a) Aplicar el grado de calcinación la concha “Pata de Mula” mediante el ensayo de ATD (Análisis Térmico Diferencial) del año 2019.
- b) Aplicar la composición química de las cenizas de concha “Pata de Mula” y del suelo arcilloso a través de la Fluorescencia de Rayos X (XRF) del año 2019.
- c) Determinar el PH de del suelo patrón y en mezcla del 4% y 6% de cenizas de concha “Pata de Mula”.
- d) Determinar la relación de densidad seca – Contenido de humedad (Proctor Modificado) de la muestra patrón y de la combinación en 4% y 6% de las cenizas de concha “Pata de Mula”.
- e) Determinar la capacidad portante (CBR) del espécimen patrón y la combinación en 4% y 6% de cenizas concha “Pata de Mula”.

## **II. METODOLOGÍA**

### **Métodos de Investigación**

El método a aplicarse en esta investigación es la experimentación, porque utilizaremos nuevos tipos de materiales, esta investigación conlleva a la estabilización de suelos arcillosos, lo cual emplearemos dosificaciones del 4% y 6 % de cenizas de concha de pata de mula, estos materiales proporcionan una alta cantidad de CaO y que conjuntamente con las propiedades del arcilla llevará a la estabilización requerida y compararemos el suelo natural y con las dosificaciones mencionadas para observar su índice de CBR si están en las óptimas requeridas por la norma .

Principalmente la ejecución del método experimental se basa en efectuar ensayos, prueba en un laboratorio especializado donde realizará todo el estudio donde se ejecutará, observará y debatirá los resultados obtenidos.

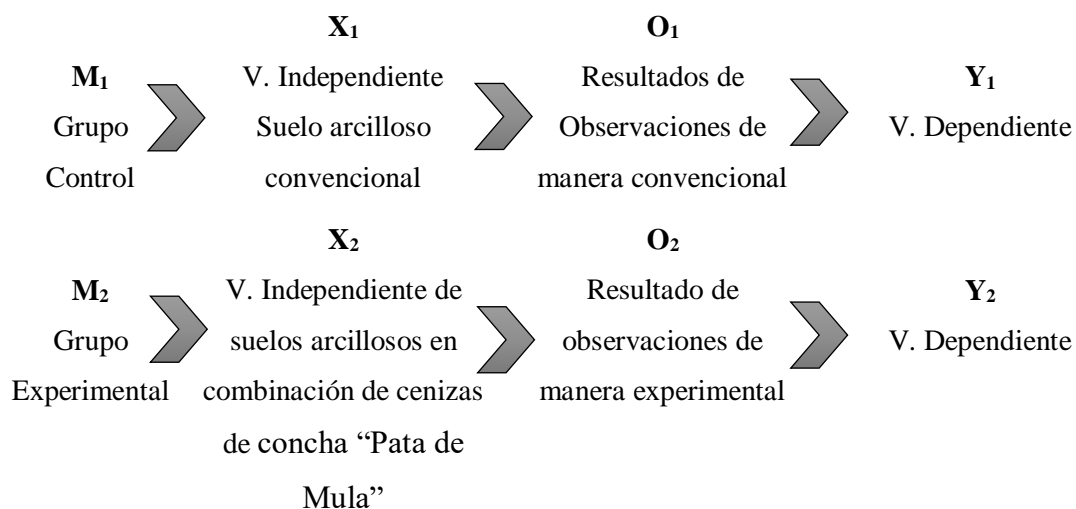
### **TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

#### **Tipo de Investigación**

Esta investigación es del tipo aplicada, porque surge la necesidad de resolver un específico planteamiento, principalmente por la búsqueda y consolidación del conocimiento para que sea aplicado. En base a lo mencionado, se sugiere el empleo de dicho material como agente estabilizante para obtener resultados favorables en cuanto a sus propiedades y de esta manera se producirá un material innovador para la estabilización de suelos.

#### **Diseño de Investigación**

De diseño experimental, del nivel cuasi-experimental, ya que evaluaremos el tipo de muestra a utilizarse a través de pruebas, donde se determinaran 2 grupos de estudio denominado: Grupo control y experimental, lo cual se utilizarán en combinación del 4% de cenizas de concha de pata de mula en relación al proceso de estabilización de suelos en su estado natural.



## ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

Es cuantitativo, el enfoque para este proyecto ya que se empleará métodos de recolección de datos cuantitativos a través de observaciones estudiando las variables y sus indicadores objetivamente, midiéndolos y registrándolos.

Usan un formato estándar todos los experimentos cuantitativos, con algunas minúsculas diferencias inter-disciplinarias para producir una hipótesis que será desmentida o probada. La hipótesis será demostrable por medios matemáticos y estadísticos y que se constituye alrededor de la cual se diseña todo el experimento.

## POBLACIÓN Y MUESTRA

El fin es estudiar la conducta de este material en combinación del suelo-ceniza del 4% y 6% de cenizas de concha "Pata de Mula" al que será empleada para la estabilización de suelos convencionales.

Se utilizó las combinaciones en base a una adición porcentual entre los componentes que está conformado.

Se ejecutó dos ensayos que serán evaluados, uno en su estado normal sin alterar la muestra y la segunda muestra con el elemento ya mencionado en el proceso de investigación.

La unidad de análisis es la estabilización de suelos arcillosos.

La población y la muestra son las mismas y está conformada por:

Se utilizó 2 puntos de investigación (calicatas) para ser evaluados con los ensayos: Análisis Granulométrico, Límite Líquido, Límite plástico o Índice de plasticidad, clasificación SUCS, clasificación AASHTO, determinación de pH, contenido de Humedad, Proctor Modificado, California Bearing Ratio (CBR) en el laboratorio de Mecánica de Suelos, donde se fundamentará la hipótesis.

Están constituidas de un conjunto de 2 calicatas conformados por 2 muestras por cada tipo de ensayo que se realizó (tanto como el su estado normal, en 4% y 6% de la combinación de concha “Pata de Mula”, según el Manual de Ensayos de MTC (establece 2 puntos de investigación por cada 1km). Para ejecutar las pruebas, se efectuó en el laboratorio de mecánica se suelos para determinar en cómo mejorará su nivel de capacidad portante mediante el CBR del suelo arcillo de tramo Larea - Hornillos (en su estado normal, en 4% y 6% de la combinación de cenizas de concha “Pata de Mula” y poder compararlos.

Estas muestras fueron extraídas dentro de los puntos de investigación que tienen por medida 1.50m de profundidad, dentro de ella se le colocó una bolsa para su extracción pesando una cantidad de aproximadamente de 60kg a 70kg por punto de investigación, procediendo a su traslado hacia el laboratorio de suelos donde se realizará los ensayos ya mencionado anteriormente.

## Técnicas e instrumento de investigación

**Tabla 8.**

Técnicas e instrumento de investigación

MÉTODO O TÉCNICAS	INSTRUMENTO	ÁMBITO DEL PROYECTO
Observación Científica	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Guía de observación</li> <li>✓ Fichas técnicas de laboratorio referidos a ensayos: Análisis granulométrico, Límite Líquido, Plástico o Índice de Plasticidad, clasificación SUCS y AASHTO Determinación de pH, Contenido de Humedad, Proctor Modificado, California Bearing Ratio (CBR)</li> </ul>	<p>Muestreo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grupo Control (Muestra de suelo arcilloso en su estado normal sin alteraciones)</li> <li>✓ Grupo Experimental (Muestra de suelo arcilloso adicionando las combinaciones de 4% y 6% de cenizas de concha de pata de mula)</li> </ul>

Nota. Elaboración Propia

Para el presente proyecto de investigación contaremos con dos instrumentos que es la guía de observación de resumen la cual servirá como interpretación de resultados de nuestro proyecto y las fichas técnicas de laboratorio, estas fichas están referidos a los ensayos que realizaremos (Análisis granulométrico, limite líquido, plástico o índice plástico, clasificación SUCS, clasificación AASHTO, determinación del PH, contenido de humedad, Proctor modificado y CBR. Estas fichas permiten la interpretación de resultados de nuestros ensayos que realizaremos y verificaremos con cada una de nuestras proporciones (4% de cenizas de concha de pata de mula) y nuestro suelo patrón.



## **PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Después de recolectar toda información a través de los ensayos por consecuente se procesará todos los datos obtenidos al MICROSOFT EXCEL.

Para los datos se analizó y aplicó los métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales para la descripción, presentación, análisis e interpretación de datos por cada indicador de ensayado.

### **Ensayo de Laboratorio de Suelos**

#### **Contenido de Humedad**

Para este ensayo se preparó la muestra pasando por el tamiz N°4 aproximadamente 300gr para ambos puntos de investigación, luego de esto se pesó con su recipiente respectivo y el mismo por sí solo, una vez obtenido estos datos se pasó a poner al horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas luego de pasado el tiempo se pesa respectivamente y mediante cálculos se conlleva a calcular el contenido de humedad para ambos puntos de investigación.

#### **Análisis Granulométrico**

Se preparó aproximadamente 600gr de suelo de ambos puntos de investigación luego se ordenó los tamices respectivos para determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelos expresados como porcentajes. Se utilizaron tamices como N°4, N°10, N°20, M°40, N°60, N°100 y N°200 ordenados como se menciona, tomando datos (pesos) por cada muestra de suelo retenida de cada malla y en base a ello se hace sus respectivos cálculos expresados en porcentajes.

#### **Límites de Atterberg**

Para hallarlo se procedió primero en preparar la muestra, utilizando la malla N°40 con una cantidad de 200gramos, se utilizó el aparato de casa grande, acanalador para suelos arcillosos y taras para sacar muestras respectivas.

Se procedió a mezclar el agua con el suelo y por consiguiente ubicaremos una muestra en el aparato de casa grande pero antes de realizar el ensayo hay unos rangos que se usó como el de 25 a 35 golpes, 20 a 30 golpes y 15 a 25 golpes y luego se intersectara el de 25 golpes otorgándose un valor del límite líquido para las dos calicatas.

De la misma muestra se procedió a realizar el ensayo de Límite Plástico formando cilindros de diámetro de 3.2mm, procediendo a llevar a las taras y colocarlos al horno, esto se realizó para ambas calicatas. Una vez obtenido el peso húmedo y seco de los cilindros, obtenemos el contenido de humedad de lo cual se saca un promedio y se obtiene el límite plástico tanto como para la calicata N°1 como para la calicata N°2.

El índice de Plasticidad (IP) se obtendrá a través de la diferencia del Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP).

### **Proctor Modificado**

Dicho ensayo se preparó el espécimen pasante por la N°4, lo cual aplicaremos al método “A” donde necesita como muestra 3000g y además la adición (4%) 120gramos de cenizas de concha pata de mula que fueron tamizados por la malla N°200.

Se realizó a compactarse 25 golpes por cada capa, en un total de 5 capas por molde, cada punto de investigación con su respectiva adición se le agregó distintos porcentajes de agua en un total de 4 porcentajes para cada muestra y mediante este proceso conllevo a que los resultados de su contenido de humedad sean óptimo para cada espécimen (patrón N°1, patrón N°2, Experimental N°1 y experimental N°2) con su respectiva densidad seca.

### **CBR (California Bearing Ratio)**

Una vez obtenido los resultados del Proctor modificado se realiza este ensayo, con una muestra de 6000gr y una adición (4%) de 240g por cada espécimen (patrón N°1, patrón N°2, Experimental N°1 y experimental N°2), por cada muestra se necesitó 3 moldes de los cuales cada molde tiene una compactación diferente de 12 golpes, 26 golpes y 55 golpes.

Una vez compactado se procedió a sumergirse durante 4 días midiendo su expansión por cada 24 horas, se dejó escurrir por 15 minutos para realizar su penetración respectiva de cada espécimen (patrón N°1, patrón N°2, Experimental N°1 y experimental N°2). Con estos datos se procedió a calcular los CBR patrones con los CBR experimentales.

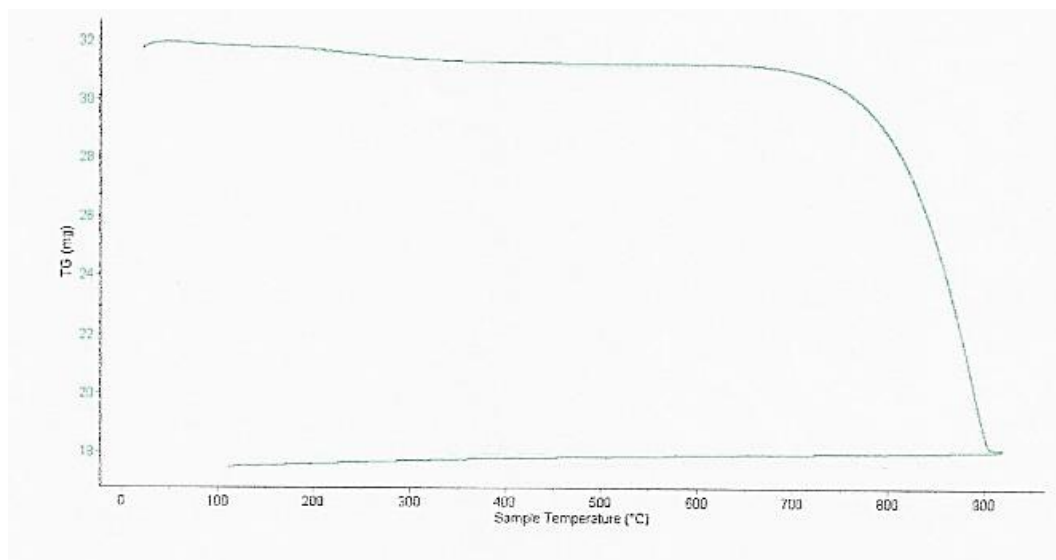
### III. RESULTADOS

#### ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL (ATD)

- Concha "Pata de Mula"

**Figura 6.**

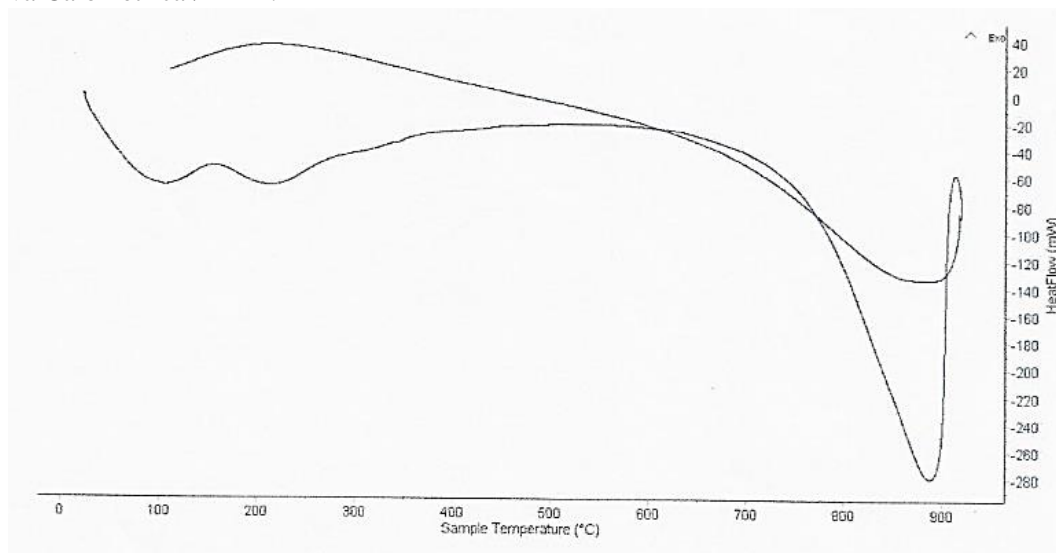
Curva de pérdida de nada – Análisis Termogravimétrico



Nota. Datos obtenidos de Laboratorio de la UNT (universidad Nacional de Trujillo).

**Figura 7.**

Curva Calométrica / ATD.



Nota. Datos obtenidos de Laboratorio de la UNT (universidad Nacional de Trujillo)..

**Tabla 9.**

Tabla de resumen del ensayo de ATD.

Ensayo	Grado de Exposición	Descripción
TG	900°C	Pierde un total de 45% de su masa inicial
ATD	890°C	Cambio Estructural y de sus propiedades

Fuente. Datos obtenidos de Laboratorio de la UNT (universidad Nacional de Trujillo)..

## COMPOSICIÓN QUÍMICA

### • Cenizas de concha “Pata de Mula”

**Tabla 10.**

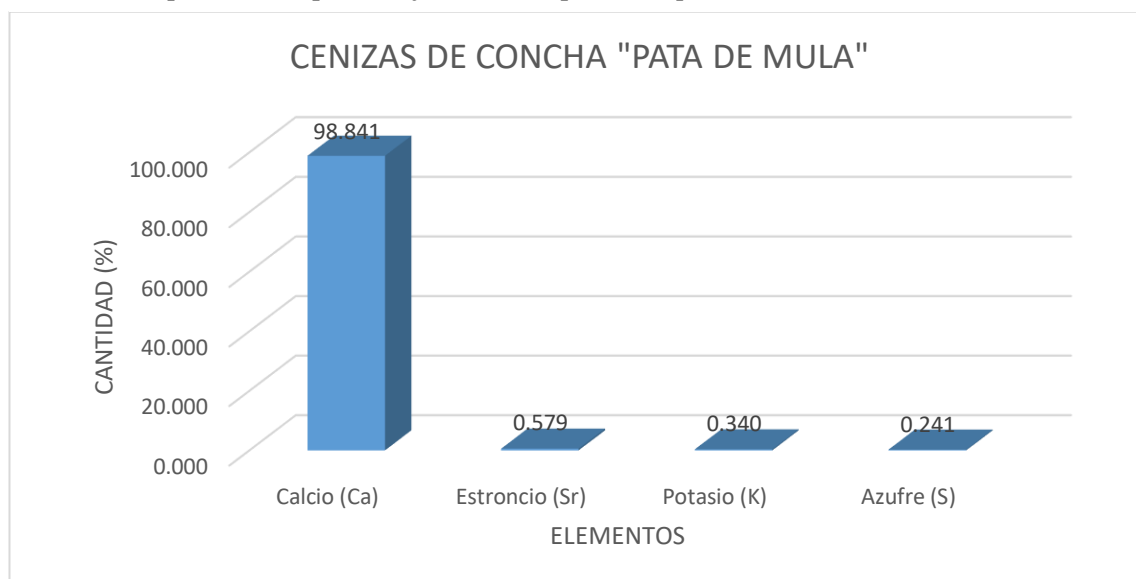
Tabla de resumen de composición química elemental de cenizas de concha “Pata de Mula”.

Composición química elemental	Resultados (%)
Calcio (Ca)	98.841
Estroncio (Sr)	0.579
Potasio (K)	0.340
Azufre (S)	0.241

Nota. Datos obtenidos de Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

**Figura 6.**

Elementos expresados en porcentaje de su composición química de concha “Pata de Mula”.



Nota. Datos obtenidos de Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

**Tabla 11.**

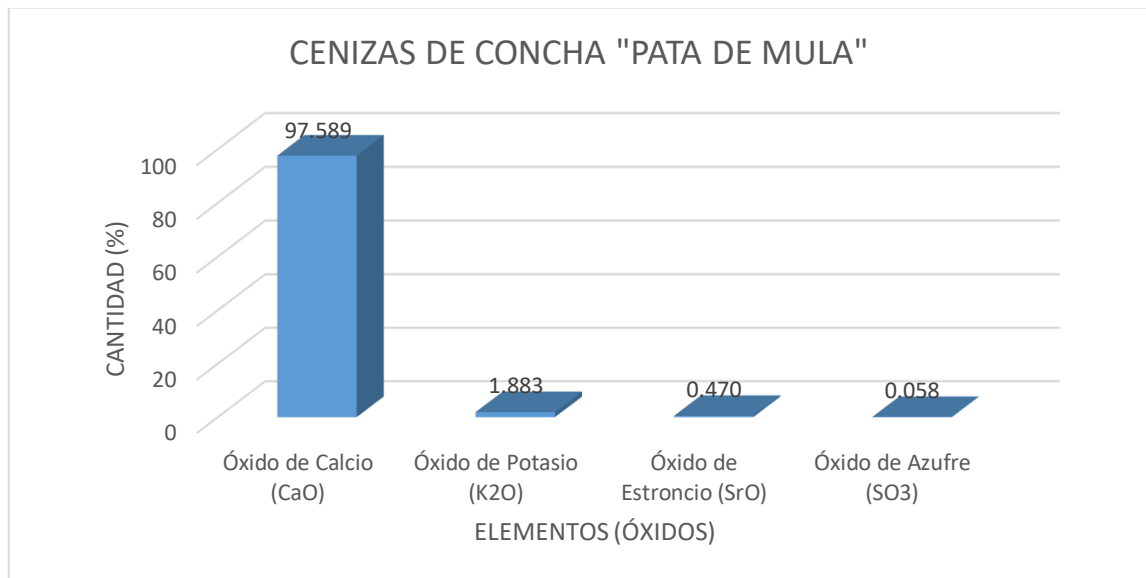
Tabla de resumen, expresada en óxidos.

Composición química expresado en óxidos	Resultados (%)
Óxido de Calcio (CaO)	97.589
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	1.883
Óxido de Estroncio (SrO)	0.470
Óxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	0.058

Nota. Datos obtenidos de Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

**Figura 7.**

Elementos expresados en porcentaje de su composición química de concha “Pata de Mula”.



*Fuente:* Datos obtenidos de Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

- **Arcilla**

**Tabla 12.**

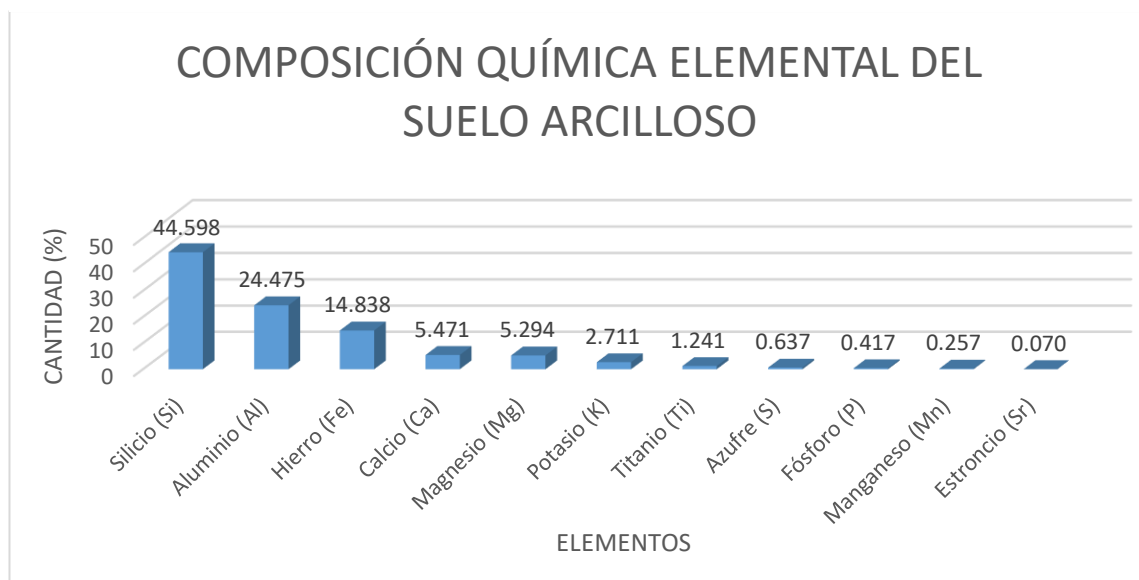
Tabla de resumen de composición química elemental del suelo arcilloso.

Composición química elemental	Resultados (%)
Silicio (Si)	44.598
Aluminio (Al)	24.475
Hierro (Fe)	14.838
Calcio (Ca)	5.471
Magnesio (Mg)	5.294
Potasio (K)	2.711
Titanio (Ti)	1.241
Azufre (S)	0.637
Fósforo (P)	0.417
Manganeso (Mn)	0.257
Estroncio (Sr)	0.070

Nota. Datos obtenidos de Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

**Figura 8.**

Elementos expresados en porcentaje de su composición química del suelo arcilloso.



Nota. Datos obtenidos de Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

**Tabla 13.**

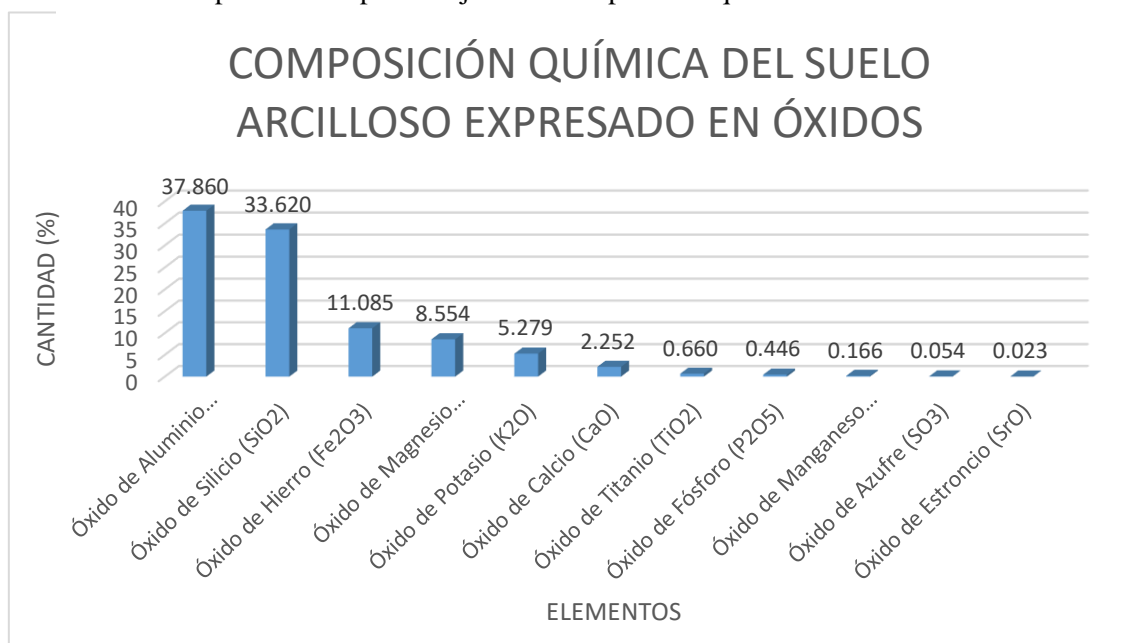
Tabla de resumen de composición química del suelo arcilloso expresada en óxidos.

Composición química expresados en óxidos	Resultados (%)
Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	37.860
Óxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	33.620
Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	11.085
Óxido de Magnesio (MgO)	8.554
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	5.279
Óxido de Calcio (CaO)	2.252
Óxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.660
Óxido de Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.446
Óxido de Manganeso (MnO)	0.166
Óxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	0.054
Óxido de Estroncio (SrO)	0.023

Nota. Datos obtenidos de Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

**Figura 9.**

Elementos expresados en porcentaje de su composición química del suelo arcilloso.



Nota. Datos obtenidos de Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

## pH

**Tabla 14.**

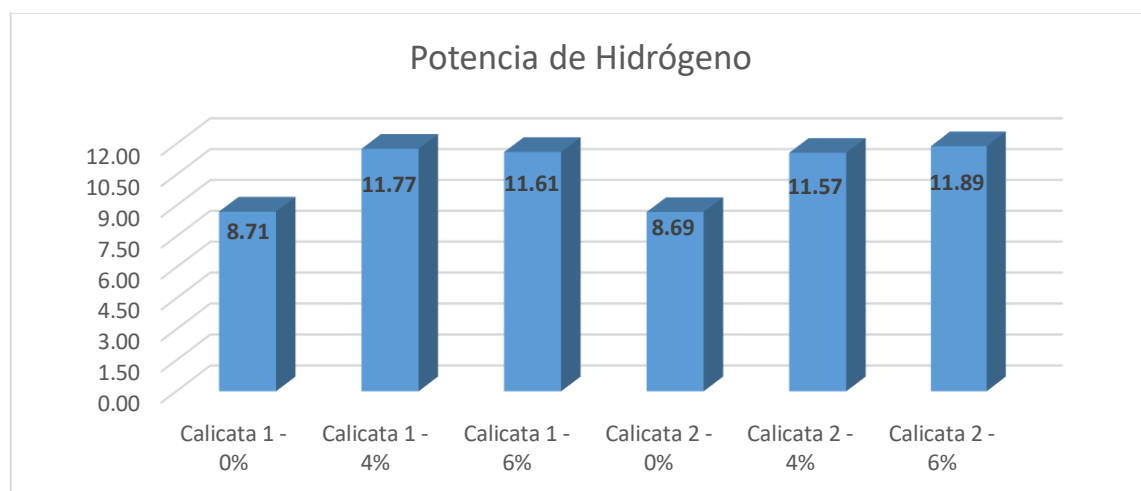
Cuadro de resumen de pH.

Muestras	Ensayo pH
Calicata 1 - 0%	8.71
Calicata 1 - 4%	11.77
Calicata 1 - 6%	11.61
Calicata 2 - 0%	8.69
Calicata 2 - 4%	11.57
Calicata 2 - 6%	11.89

Nota. Datos del laboratorio de COLECBI.

**Figura 10.**

pH de Suelo y Combinación del 4% y 6%.



Nota. Datos del laboratorio de COLECBI.



## PROCTOR MODIFICADO

### • Calicata N° 1 - Patrón

Tabla 15.

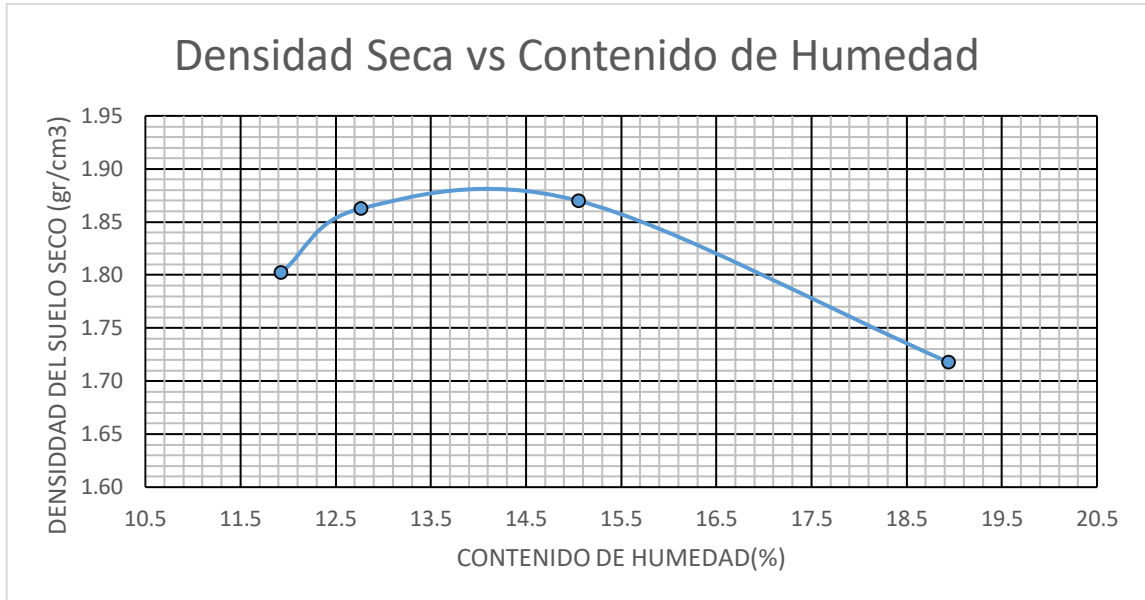
Tabla de resumen, calicata N°1 patrón.

<b>CALICATA N°1 - PATRÓN</b>				
<b>Peso de suelo húmedo + molde (g)</b>	3886	3964	4012	3910
<b>Peso del molde (g)</b>	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
<b>Peso del suelo húmedo (g)</b>	1901.0	1979.0	2027.0	1925.0
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	942.2	942.2	942.2	942.2
<b>Densidad del suelo húmedo (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.018	2.100	2.151	2.043
<b>Tarro n°</b>	5%	8%	11%	14%
<b>Peso del suelo húmedo + tarro (g)</b>	700.0	700.0	700.0	744.0
<b>Peso del suelo seco + tarro (g)</b>	632.0	628.0	616.0	658.0
<b>Peso del tarro (g)</b>	62.0	64.0	58.0	204.0
<b>Peso del agua (g)</b>	68.0	72.0	84.0	86.0
<b>Peso del suelo seco (g)</b>	570.0	564.0	558.0	454.0
<b>Contenido de humedad (%)</b>	11.9	12.8	15.1	18.9
<b>Densidad del suelo seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.803	1.863	1.870	1.718

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad San Pedro.

**Figura 11.**

Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad, calicata N°1 patrón.



Nota. Datos obtenidos de Laboratorio de la Universidad San Pedro.

**Tabla 16.**

Resultado del ensayo, calicata N°1 patrón.

Calicata	Contenido de Humedad Óptimo (%)	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)
C - 1	13.90	1.888

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

• Calicata N°1 – Experimental al 4%

Tabla 17.

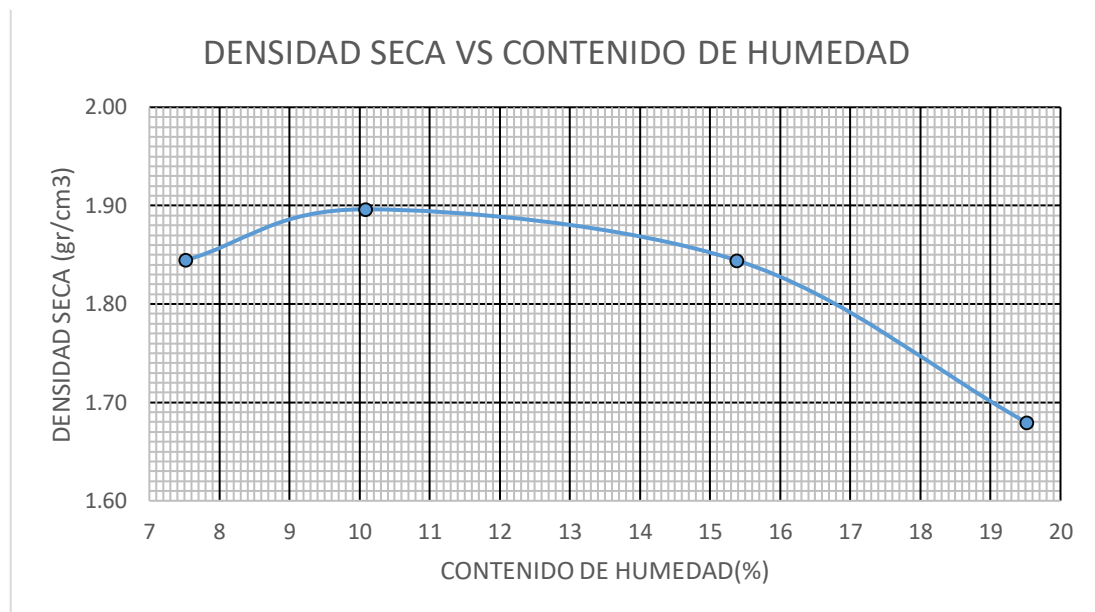
Cuadro de resumen, calicata N°1 experimental.

<b>CALICATA N°1 - EXPERIMENTAL</b>				
<b>Peso de suelo húmedo + molde (g)</b>	3854	3952	3990	3876
<b>Peso del molde (g)</b>	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
<b>Peso del suelo húmedo (g)</b>	1869.0	1967.0	2005.0	1891.0
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	942.2	942.2	942.2	942.2
<b>Densidad del suelo húmedo (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.984	2.088	2.128	2.007
<b>Tarro n°</b>	6%	9%	12%	15%
<b>Peso del suelo húmedo + tarro (g)</b>	662.0	658.0	666.0	664.0
<b>Peso del suelo seco + tarro (g)</b>	620.0	603.0	586.0	566.0
<b>Peso del tarro (g)</b>	62.0	58.0	66.0	64.0
<b>Peso del agua (g)</b>	42.0	55.0	80.0	98.0
<b>Peso del suelo seco (g)</b>	558.0	545.0	520.0	502.0
<b>Contenido de humedad (%)</b>	7.5	10.1	15.4	19.5
<b>Densidad del suelo seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.845	1.896	1.844	1.679

Nota. Datos del laboratorio de la universidad San Pedro.

**Figura 12.**

Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad de calicata N°1 experimental.



Nota. Datos del laboratorio de la universidad San Pedro.

**Tabla 18.**

Resultados del ensayo, calicata N°1 experimental.

Calicata	Contenido de Humedad Óptimo (%)	Densidad Seca Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )
C - 2	11.50	1.905

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

• Calicata N°1 – Experimental al 6%

Tabla 19.

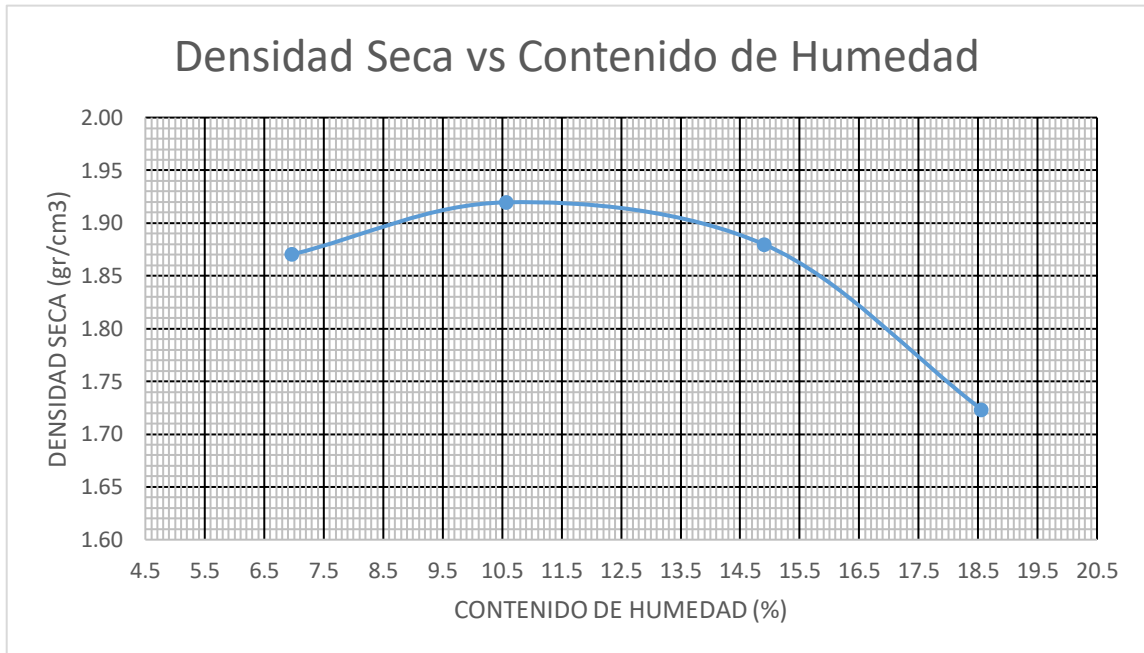
Cuadro de resumen, calicata N°1 experimental.

<b>CALICATA N°1 - EXPERIMENTAL</b>				
<b>Peso de suelo húmedo + molde (g)</b>	3870	3985	4020	3910
<b>Peso del molde (g)</b>	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
<b>Peso del suelo húmedo (g)</b>	1885.0	2000.0	2035.0	1925.0
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	942.2	942.2	942.2	942.2
<b>Densidad del suelo húmedo (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.001	2.123	2.160	2.043
<b>Tarro n°</b>	6%	9%	12%	15%
<b>Peso del suelo húmedo + tarro (g)</b>	520.0	670.8	750.0	562.2
<b>Peso del suelo seco + tarro (g)</b>	490.5	612.2	661.5	484.2
<b>Peso del tarro (g)</b>	67.0	58.0	68.0	64.0
<b>Peso del agua (g)</b>	29.5	58.6	88.5	78.0
<b>Peso del suelo seco (g)</b>	423.5	554.2	593.5	420.2
<b>Contenido de humedad (%)</b>	7.0	10.6	14.9	18.6
<b>Densidad del suelo seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.870	1.920	1.880	1.723

Nota. Datos del laboratorio de la universidad San Pedro.

**Figura 13.**

Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad de calicata N°1 experimental.



Nota. Datos del laboratorio de la universidad San Pedro.

**Tabla 20.**

Resultados del ensayo, calicata N°1 experimental.

Calicata	Contenido de Humedad Óptimo (%)	Densidad Seca Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )
C - 2	11.80	1.924

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

• Calicata N°2 - Patrón

Tabla 21.

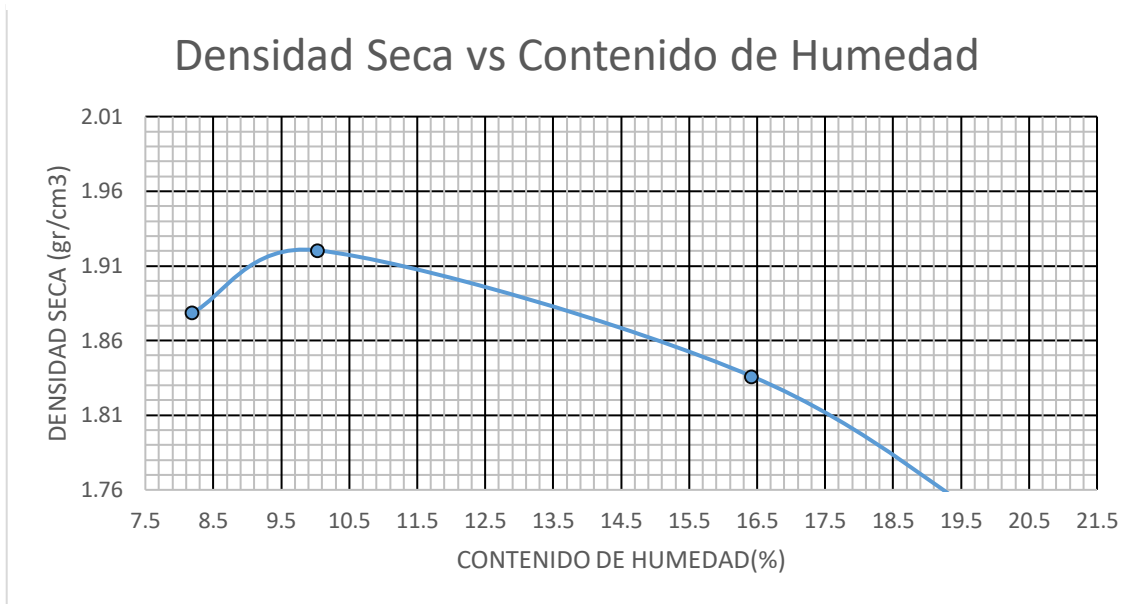
Cuadro de resumen, calicata N °2 patrón

<b>PROCTOR – CALICATA N°2 PATRÓN</b>				
<b>Peso de suelo húmedo + molde (g)</b>	3900	3976	3999	3934
<b>Peso del molde (g)</b>	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
<b>Peso del suelo húmedo (g)</b>	1915.0	1991.0	2014.0	1949.0
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	942.2	942.2	942.2	942.2
<b>Densidad del suelo húmedo (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.032	2.113	2.138	2.069
<b>Tarro n°</b>	5%	8%	11%	14%
<b>Peso del suelo húmedo + tarro (g)</b>	700.0	700.0	700.0	700.0
<b>Peso del suelo seco + tarro (g)</b>	652.0	642.0	610.0	608.0
<b>Peso del tarro (g)</b>	66.0	64.0	62.0	164.0
<b>Peso del agua (g)</b>	48.0	58.0	90.0	92.0
<b>Peso del suelo seco (g)</b>	586.0	578.0	548.0	444.0
<b>Contenido de humedad (%)</b>	8.2	10.0	16.4	20.7
<b>Densidad del suelo seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.879	1.920	1.836	1.714

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

**Figura 14.**

Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad de calicata N°2 patrón.



Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

**Tabla 22.**

Resultados del ensayo, calicata N°2 patrón

Calicata	Contenido de Humedad Óptimo (%)	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)
C - 2	11.20	1.931

Nota. Datos del laboratorio de la universidad san Pedro.



• Calicata N°2 – Experimental al 4%

Tabla 23.

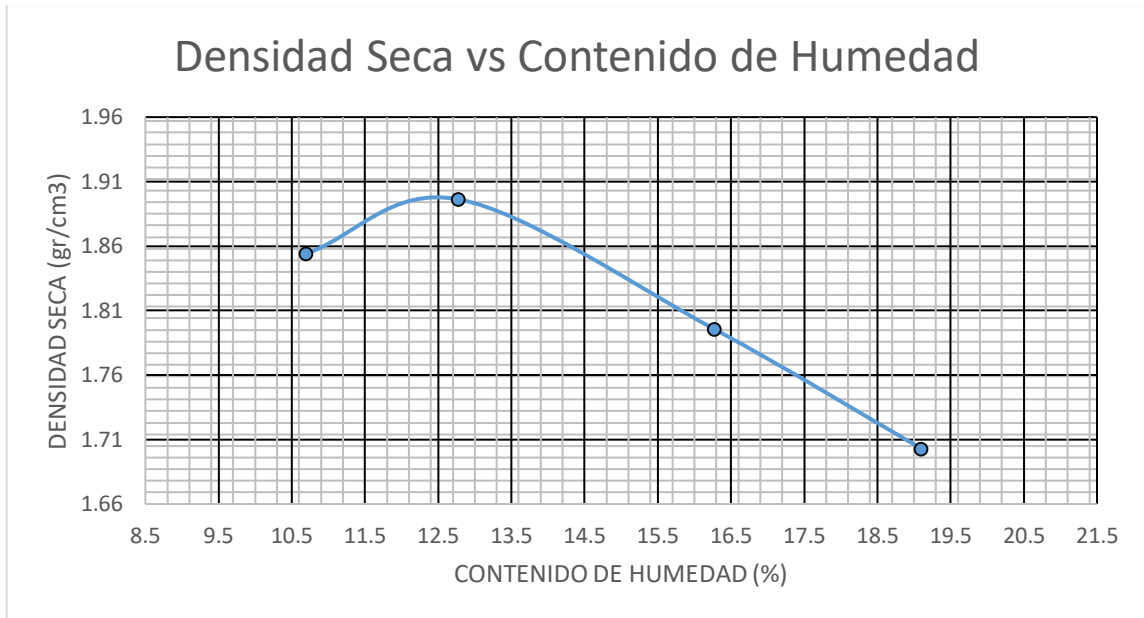
Cuadro de resumen, N°2 experimental.

<b>PROCTOR – CALICATA N°2 EXPERIMENTAL</b>				
<b>Peso de suelo húmedo + molde (g)</b>	3919	4000	3952	3896
<b>Peso del molde (g)</b>	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
<b>Peso del suelo húmedo (g)</b>	1934.0	2015.0	1967.0	1911.0
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	942.2	942.2	942.2	942.2
<b>Densidad del suelo húmedo (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.053	2.139	2.088	2.028
<b>Tarro n°</b>	5%	8%	11%	14%
<b>Peso del suelo húmedo + tarro (g)</b>	666.0	764.0	804.0	700.0
<b>Peso del suelo seco + tarro (g)</b>	608.0	696.0	720.0	615.0
<b>Peso del tarro (g)</b>	66.0	164.0	204.0	170.0
<b>Peso del agua (g)</b>	58.0	68.0	84.0	85.0
<b>Peso del suelo seco (g)</b>	542.0	532.0	516.0	445.0
<b>Contenido de humedad (%)</b>	10.7	12.8	16.3	19.1
<b>Densidad del suelo seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.854	1.896	1.795	1.703

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

**Figura 15.**

Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad de calicata N°2 experimental.



Nota. Datos del laboratorio de la universidad san Pedro.

**Tabla 24.**

Resultados del ensayo, calicata N °2 experimental.

Calicata	Contenido de Humedad Óptimo (%)	Densidad Seca Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )
C – 2	12.50	1.897

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

• Calicata N°2 – Experimental al 6%

Tabla 25.

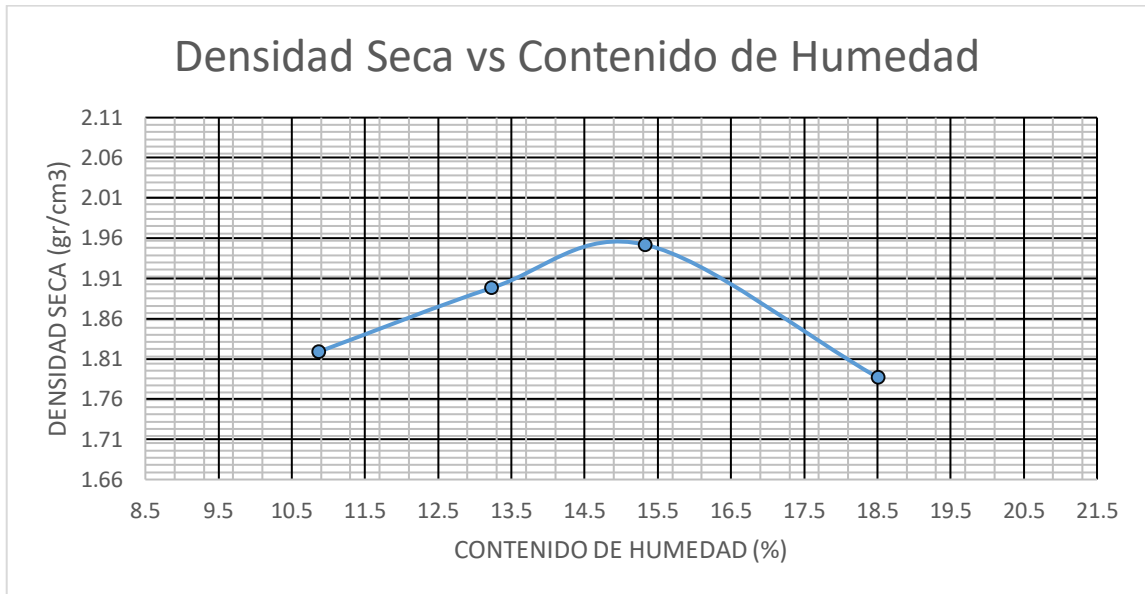
Cuadro de resumen, calicata N°2 experimental.

<b>PROCTOR – CALICATA N°2 EXPERIMENTAL</b>				
<b>Peso de suelo húmedo + molde (g)</b>	3885	4010	4106	3980
<b>Peso del molde (g)</b>	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
<b>Peso del suelo húmedo (g)</b>	1900.0	2025.0	2121.0	1995.0
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	942.2	942.2	942.2	942.2
<b>Densidad del suelo húmedo (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.017	2.149	2.251	2.117
<b>Tarro n°</b>	5%	8%	11%	14%
<b>Peso del suelo húmedo + tarro (g)</b>	780.0	850.0	770.5	550.0
<b>Peso del suelo seco + tarro (g)</b>	710.2	770.2	695.2	490.6
<b>Peso del tarro (g)</b>	68.0	167.0	204.0	169.7
<b>Peso del agua (g)</b>	69.8	79.8	75.3	59.4
<b>Peso del suelo seco (g)</b>	642.2	603.2	491.2	320.9
<b>Contenido de humedad (%)</b>	10.9	13.2	15.3	18.5
<b>Densidad del suelo seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.819	1.898	1.952	1.787

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

**Figura 16.**

Curva de densidad del suelo seco vs contenido de humedad de calicata N °2 experimental.



Nota. Datos del laboratorio de la universidad San Pedro.

**Tabla 26.**

Resultados del ensayo, la calicata N°2 experimental.

Calicata	Contenido de Humedad Óptimo (%)	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)
C - 2	15.40	1.957

Nota. Datos del laboratorio de la universidad San Pedro.

## CAPACIDAD DE SOPORTE – CBR

**Tabla 27.**

Tabla de resumen de CBR de diferentes energías de compactación, calicata N°1.

Penetración	N° de Golpes	Capacidad de Soporte - CBR		
		0%	4% de cenizas de concha Pata de Mula	6% de cenizas de concha Pata de Mula
2.54mm	56	4.9%	9.6%	17.3%
	25	3.5%	9.2%	13.3%
	12	2.9%	8.7%	10.9%

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

**Tabla 28.**

Tabla de resumen de CBR de diferentes energías de compactación, calicata N°2.

Penetración	N° de Golpes	Capacidad de Soporte - CBR		
		0%	4% de cenizas de concha Pata de Mula	6% de cenizas de concha Pata de Mula
2.54mm	56	3.7%	12.6%	19.3%
	25	3.5%	11.6%	14.0%
	12	3.4%	7.1%	11.4%

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

**Tabla 29.**

Tabla de resumen de cantidad de porcentaje adicionado en función a su MDS, calicata N°1.

Porcentajes de cenizas de concha de Pata de Mula	Capacidad de Soporte - CBR	
	100% MDS	95% MDS
0%	4.9%	4.2%
4%	9.6%	9.2%
6%	17.3%	12.8%

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

**Tabla 30.**

Tabla de resumen de cantidad de porcentaje adicionado en función a su MDS, calicata N°2.

Porcentajes de cenizas de concha de Pata de Mula	Capacidad de Soporte - CBR	
	100% MDS	95% MDS
0%	3.7%	3.5%
4%	12.6%	11.1%
4%	19.3%	13.1%

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

**Tabla 31.**

Tabla de resumen de CBR al 95% de su MDS en función a su adición.

Calicata	CBR con adición de cenizas de concha de Pata de Mula		
	0%	4%	6%
C - 1	4.2%	9.2%	12.8%
C - 2	3.5%	12.1%	13.1%

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

**Tabla 32.**

Tabla de resumen de CBR al 100% de su MDS en función a su adición.

Calicata	CBR con adición de cenizas de concha de Pata de Mula		
	0%	4%	6%
C - 1	4.9%	9.6%	17.3%
C - 2	3.7%	12.6%	19.3%

Nota. Datos del laboratorio de la Universidad san Pedro.

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

##### • Análisis Térmico Diferencial (ATD)

De acuerdo a este ensayo, menciona que el material de concha pata de mula pierde aproximadamente un 45% de masa inicial cuando llega a una temperatura de 900°C y que además que a exponerlo a una temperatura de 850°C dicho material tiene un cambio estructural y sus características. Según el informe de calcinación nos menciona que el material a utilizar para este trabajo de investigación fue calcinada a una temperatura de 850°C durante dos horas lo cual indica también que tiene una pérdida total de masa del 15.3%. En los estudios realizados por **Ramos K. (2018)** de la concha Pata de Mula que al ser calcinadas a la temperatura de 890°C obtiene materiales cementantes, lo cual el informe de ATD para esta investigación es totalmente equivalente al informe obtenido por el ensayo realizado. Por otro lado en la investigación de **MM Hazri, N. F Nasir (2020)** obtuvieron como principal componente mineralógico el CaO donde para ello se realizó un método de calcinación de 900, 950 y 1000°C durante 4 horas.

##### • Composición química de cenizas de concha “Pata de Mula” y Suelo Arcilloso

La composición química de la ceniza de concha pata de mula se puede apreciar en la tabla N°1 una elevada cantidad de Oxido de Calcio de 97.589%(CaO), Oxido de Potasio 1.883%(K<sub>2</sub>O), Oxido de Estroncio 0.470%(SrO) y Óxido de Azufre 0.058%(SO<sub>3</sub>) mostrada en la tabla N°2, lo que indica que este material se puede usar como agente estabilizante en suelos arcillosos por su gran cantidad de CaO encontrados en dicho material. De acuerdo a la investigación de **Ramos K. (2018)** la cantidad encontrada de según el análisis de Fluorescencia de Rayos Z ejecutado, nos indica los componentes siguientes: CaO con 85.546%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con 10.870%, SiO<sub>2</sub> con 0.846%, TiO<sub>2</sub> con 0.961% y K<sub>2</sub>O con 0.183%. Por otro lado **Bendezu, R. y Tlquimiche S. (2016)** en su investigación nos evidencia la composición química del molusco estudiado donde obtiene valores como: CaO con 95.367%, K<sub>2</sub>O con 2.884%, SiO<sub>2</sub> con 0.932%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con 0.720% y SO<sub>3</sub> con 0.097% donde los resultados obtenidos son similares especialmente al Óxido de Calcio (CaO), donde es el componente principal del cemento, lo que nos conlleva al óptimo uso como material para la construcción

La composición química del suelo arcilloso (arcilla) se encuentra elementos de gran cantidad como el Óxido de Aluminio 37.860% ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Óxido de Silicio 33.620% ( $\text{SiO}_2$ ), Óxido de Hierro 11.085% ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Óxido de Magnesio 8.554% ( $\text{MgO}$ ), Óxido de Potasio 5.279% ( $\text{K}_2\text{O}$ ), Óxido de Calcio 2.252% ( $\text{CaO}$ ), Óxido de Titanio 0.660% ( $\text{TiO}_2$ ), Óxido de Fósforo 0.446% ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), Óxido de Manganeseo 0.116% ( $\text{MnO}$ ), Óxido de Azufre 0.054% ( $\text{SO}_3$ ) y Óxido de Estroncio 0.023% ( $\text{SrO}$ ) lo cual, los componentes de mayor proporción son componentes del cemento, es decir que estos componentes juntos tienen una reacción puzolánica, de acuerdo con **Bauzá, J; (2003)** Las arcillas son minerales que poseen cantidades importantes de alúmina y sílice y otros elementos de sustitución como el hierro, magnesio, etc. En dichas circunstancias es posible decir que las arcillas son productos naturales pero con propiedades puzolánicas, donde estas propiedades se basan que bajo a condiciones de pH altos pueden provocar un efecto consistente en la reacción con la cal (la cual contiene Sílice y Alúmina) para producir materiales cementantes. Por otra parte en la investigación **Ramos K. (2018)** en su composición química de la arcilla estudiada obtiene componentes como: Oxido de Aluminio 30.835% ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Óxido de Sílice 59.769% ( $\text{SiO}_2$ ), Óxido de Potasio 2.501% ( $\text{K}_2\text{O}$ ), Óxido de Hierro 5.210% ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y Oxido de Calcio 0.66% ( $\text{CaO}$ ) donde los porcentajes varían significativamente, esto se debería al lugar donde lo pudo extraer donde aun así son componentes cementantes. A su vez **García R. et ál (2018)** el tipo de arcilla montmorillonita tiene un rango de contenido de Silicio, Aluminio y Magnesio que es similar al contenido del informe de fluorescencia de rayos x del suelo arcillosos a tratar.

#### • PH de Suelo, Cenizas y Combinación

El ensayo de pH (potencia de hidrógeno) de nuestro suelo C-1 y C-2 es de 8.71 y 8.69 respectivamente, además que al combinarlo el suelo con el 4% y 6% de cenizas de concha de pata de mula aumenta sus valores, obteniendo resultados como: 11.77(C-1 4%), 11.61(C-1 6%), 11.57 (C-2 4%) y 11.89(C-2 6%), lo cual el suelo pasa de alcalino a altamente alcalino. Según **Soriano M. (2018)** a este rango de valor dado del pH del suelo se consideran suelos básicos o alcalinos que tienen una estructura deficiente ya que abundan iones  $\text{Na}^+$  (suelos salinos), estos desplazan al ion de  $\text{Ca}^{2+}$  fuera del complejo de cambio, y las arcillas pueden dispersarse debido a la baja



capacidad flocculante del sodio, produciéndose así una descalcificación sin acidificación. Además comparando con la investigación de **Ramos K. (2018)** al evaluar su pH de estas conchas le da un valor de 13.26 diferente valor de 9.03 del material que se utilizó para esta investigación quizás esto se deba la exposición del material trabajado ya que no estuvo en buenas condiciones desde su extracción hasta su almacenamiento. A su vez cabe de mencionar a la investigación de **Amaya et al. (2019)** Que durante el proceso de mezclado de cal y suelo donde los valores de valores de  $\text{pH} < 12.45$ , genera una reacción o modificación físico-química, en la cual se presenta un secado adicional y un incremento temporal de la resistencia, dicha reacción conduce a los procesos de floculación y aglomeración de las arcillas creando un nuevo material disgregable de aspecto granular y con características plásticas por algún tiempo lo que facilita su trabajabilidad y su compactación.

#### • **Proctor Modificado**

##### **Máxima Densidad Seca**

Del ensayo de Proctor Modificado patrón N°1 podemos identificar su densidad seca máxima en un valor de  $1.888 \text{ gr/cm}^3$ , luego con la adición del 4% de cenizas de concha pata de mula se logra identificar el valor de  $1.905 \text{ gr/cm}^3$  aumentando un  $0.017 \text{ gr/cm}^3$  y con la adición del 6% de cenizas de concha pata de mula se logra identificar el valor de  $1.924 \text{ gr/cm}^3$  aumentando un  $0.036 \text{ gr/cm}^3$  esto se llega a saber que con la adición llega a dar un resultado variable.

Del ensayo de Proctor modificado patrón N°2 podemos identificar su densidad seca máxima en un valor de  $1.931 \text{ gr/cm}^3$ , luego con la adición del 4% de cenizas de concha pata de mula se logra identificar el valor de  $1.897 \text{ gr/cm}^3$  disminuyendo un  $0.034 \text{ gr/cm}^3$  y con la adición del 6% de cenizas de concha pata de mula se logra identificar el valor de  $1.957 \text{ gr/cm}^3$  aumentando un  $0.026 \text{ gr/cm}^3$  esto se llega a saber que con la adición llega a dar un resultado variable.

##### **Contenido de Humedad Óptima**

De la calicata N°1 se observa que su contenido de humedad optima es  $13.90\%$ , con la adición al 4% de cenizas de Concha Pata de Mula disminuye al valor de  $11.50\%$  y con la adición al 4% de cenizas de concha de pata de mula disminuye a un valor de  $11.80\%$ .

De la calicata N°2 se observa que contenido de humedad optima es 11.20%, con la adición del 4% de cenizas de Concha Pata de Mula aumenta al valor de 12.50% y con la adición al 6% de cenizas de Concha Pata de Mula disminuye al valor de 15.40%.

Esto se debe que a la humedad natural de la calicata N°1 es de 4.17% y de la calicata N°2 es de 2.04% respectivamente, ya que el suelo donde se extrajo son muy similares

Esto coincide parcialmente con el comportamiento de observado por **Quezada S. (2017)** donde que al agregar más material de conchas (Pico de Pato y Abanico) disminuye el contenido de humedad y a su vez aumenta su densidad máxima seca.

#### • **Capacidad de Soporte - CBR**

##### **CBR al 95% de su MDS:**

En el 1° punto de investigación, los resultados extraídos por la prueba de CBR al 95% conjuntamente con la tabla N°29 se observa que, al adicionarse 4% y 6% de cenizas de concha de Pata de Mula logra que el suelo mejore su capacidad de soporte de 4.2% en suelo natural a un 9.2% y 12.8% respectivamente; y donde se ubica en la categoría de sub-rasante con un 4% de adición y en la categoría buena con un 6% de adición de acuerdo a la tabla N°2 del **MTC (2013)**. Su incremento de su resistencia se debe a la reacción química que produce las cenizas de concha de Pata de Mula con la Arcilla presentada en este suelo ya que ambos contienen elementos puzolánicas. Comparando con la investigación de **Quezada S. (2017)** se observa que logra aumentar su CBR con las diferentes tipos de conchas que emplea haciéndole factible para logra estabilizar una sub-rasante pero no llega a la resistencia para un sub-base y base.

Para la calicata N°2, los resultados extraídos por el ensayo de CBR al 95% conjuntamente con la tabla N°29 se observa que, al adicionarse 4% y 6% de cenizas de concha de Pata de Mula logra que el suelo mejore su capacidad de soporte de 3.5% en suelo natural a un 11.1% y 13.1% respectivamente donde se ubican en la categoría de sub rasante buena para las dos adiciones de acuerdo a la tabla del **MTC (2013)**. Su incremento de su resistencia se debe a la reacción química que produce las cenizas de concha de Pata de Mula con la Arcilla presentada en este suelo ya que ambos contienen elementos puzolánicas. Comparando con la investigación de **Quezada S. (2017)** se observa que logra aumentar su CBR con las diferentes tipos de conchas que emplea

haciéndole factible para logra estabilizar una sub-rasante pero no llega a la resistencia para un sub-base y base.

**CBR al 100% de su MDS:**

En el 1° punto de investigación, los resultados extraídos por la prueba de CBR al 100% conjuntamente con la tabla N°29 se observa que, al adicionarse 4% y 6% de cenizas de concha de Pata de Mula logra que el suelo mejore su capacidad de soporte de 4.9% en suelo natural a un 9.6% y 17.3% respectivamente; y donde se ubica en la categoría de sub-rasante con un 4% de adición y en la categoría buena con un 6% de adición de acuerdo a la tabla N°2 del **MTC (2013)**. Su incremento en su resistencia se debe a la reacción química que produce las cenizas de concha de Pata de Mula con la Arcilla presentada en este suelo ya que ambos contienen elementos puzolánicas. Comparando con la investigación de **Quezada S. (2017)** se observa que logra aumentar su CBR con las diferentes tipos de conchas que emplea haciéndole factible para logra estabilizar una sub-rasante pero no llega a la resistencia para un sub-base y base.

En el 2° punto de investigación, los resultados extraídos por la prueba de CBR al 95% conjuntamente con la tabla N°30 se observa que, al adicionarse 4% y 6% de cenizas de concha de Pata de Mula logra que el suelo mejore su capacidad de soporte de 3.7% en suelo natural a un 12.6% y 19.3% respectivamente; y donde se ubica en la categoría de sub-rasante con un 4% de adición y en la categoría buena con un 6% de adición de acuerdo a la tabla N°2 del **MTC (2013)**. Su incremento de capacidad de soporte se debe a la reacción química que produce las cenizas de concha de Pata de Mula con la Arcilla presentada en este suelo ya que ambos contienen elementos puzolánicas. Comparando con la investigación de **Quezada S. (2017)** se observa que logra aumentar su CBR con las diferentes tipos de conchas que emplea haciéndole factible para logra estabilizar una sub-rasante pero no llega a la resistencia para un sub-base y base.

## V. CONCLUSIONES

En el ensayo de ATD se concluye que al exponerlo a la alta temperatura de 850°C durante un periodo de tiempo de dos horas el material de concha de Pata de Mula que se utilizó para esta investigación tiene un gran cambio estructural y a su vez se un gran cambio en sus características obteniendo componentes similar valor al cemento.

En la Fluorescencia de Rayos X nos muestra su composición química del material de concha Pata de Mula que nos brinda altos contenido de Calcio en un valor de 98.841% y expresados en óxidos en un valor de 97.589%. Por lo que se puede concluir que es un material y/o agente estabilizante por otro lado en la composición química del suelo arcilloso nos otorga varios elementos de los cuales son: Óxido de Aluminio 37.860% (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Óxido de Silicio 33.620% (SiO<sub>2</sub>), Óxido de Hierro 11.085% (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Óxido de Magnesio 8.554% (MgO), Óxido de Potasio 5.279% (K<sub>2</sub>O), Óxido de Calcio 2.252%(CaO), Óxido de Titanio 0.660%(TiO<sub>2</sub>), Óxido de Fósforo 0.446%(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Óxido de Manganeso 0.116% (MnO), Óxido de Azufre 0.054%(SO<sub>3</sub>) y Óxido de Estroncio 0.023%(SrO), a su vez se recalca que es una arcilla del tipo montmorillonita por sus elementos presentes. Por lo que se concluye que tanto como el suelo (arcilloso) y la concha “Pata de Mula” (cenizas) son materiales que contienen propiedades puzolánicas, estas propiedades provocan un efecto consistente lo cual al combinarlos producen productos cementantes, estos productos (silicatos y aluminatos de calcio hidratados) son parecidos a los que se genera durante el fraguado del cemento portland.

En el ensayo de pH se concluye que para ambos tipo de suelos analizados se tiene como resultado suelos alcalinos, valores de 8.71 y 8.69 presentados en dicho tramo de esta investigación y además que al combinarlo dicho el material en porcentajes mencionados con el suelo nos brinda un valore mayores a 11, esto nos informa que el suelo pasa de alcalino a altamente alcalino al combinarlo con el materiales con los porcentajes del 4% y 6%, por lo que se concluye que el material logro aumenta el valor de pH dándonos de entender que para este valores obtenidos son casi similares del cemento obteniendo por una diferencia comprendida de 0.99, 0.89, 0.73 y 0.61.

Se concluye que para el grado de compactación para ambos puntos de investigación o calicatas, realizadas en el tramo mencionado de esta investigación son diferentes ya que en nuestro primer punto de investigación o calicata N°1, nuestro suelo patrón tiene absorber más cantidad de agua que el experimental mientras que en el segundo punto de investigación o calicata N°2, nuestro suelo patrón tiende a absorber menos agua que el experimental.

La adición del 4% y 6% de cenizas de concha de Pata de Mula da como resultado el aumento de su capacidad de soporte (CBR) y además se puede decir que se puede utilizar como capa de subrasante, también se indica el aumento de porcentaje con respecto al suelo patrón y el experimental, para la calicata N°1 es 9.6% y 17.3% y , calicata N°2 es de 12.6% y 19.3% respectivamente en el 100 de su MDS y para el 95 % de MDS el valor obtenido es de 9.2% y 12.8% para la calicata N°1; 11.1% y 13.1% para la calicata N°2.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la limpieza de conchas de pata de mula rigurosamente para que así no se presente alteraciones y/o modificaciones que influyan en el informe final del ensayo de ATD.
- Se sugiere almacenar las cenizas de concha de pata de mula en un recipiente limpio y despejado de cada impureza que se pueda presentar para así no alterar sus propiedades químicas que poseen.
- Se recomienda agregar otro material que en combinaciones con el suelo y las cenizas de pata de mula puedan superar un valor de pH de 12 para así poder lograr propiedades semejantes a las del fraguado del cemento portland.
- Se recomienda la adición de otro porcentaje para así poder tener puestos de comparación entre densidad seca y contenido de humedad.
- Se debe considerar la adición en porcentaje de cenizas de conchas de pata de mula para así demostrar el incremento o el descenso de índice de CBR.
- Determinar mediante una evaluación económica la viabilidad del uso de las conchas de pata de mula.

## **VII. AGRADECIMIENTO**

Familia, amigos y personas vinculadas en mi vida, no son nada más y nada menos que un conjunto de seres queridos que suponen benefactores de importancia inimaginable en mis circunstancias de humano. No podría sentirme más afortunado con la confianza puesta en mí, especialmente cuando he contado con su mejor apoyo.

Este nuevo logro es parte gracias a ustedes, que le logrado concluir con éxito un proyecto que un principio podría ser una tarea titánica e interminable.

Quisiera dedicar mi proyecto de investigación a ustedes, personas de bien, seres que ofrecen amor, bienestar y finos deleites de la vida.

Muchas gracias aquellos seres queridos que siempre guardo en mi alma.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, A., Mata, R. y Chinchilla M. (2013) Arcillas identificadas en suelos de costa rica a nivel generalizado durante el período 1931-2014: ii. Mineralogía de arcillas en suelos con características vérticas y oxídico caoliníticas, *Agronomía Costaricense*, 38(1). [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242014000100007](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242014000100007)
- Amaya M., Botero E. y Ovando E. (2019) Estabilización Química de Suelos del Ex Lago de Texcoco y su Uso como Relleno. *Geotechnical Engineering in the XXI Century: Lessons learned and future challenges*, 1, 2166 -2167. <https://10.3233/STAL190280>
- Atienza Díaz M. (2010) *Recomendaciones para la redacción de: pliegos de especificaciones técnicas generales para el tratamiento de los suelos con cal* [ArchivoPDF]. [https://www.aopandalucia.es/inetfiles/area\\_tecnica/calidad/Recomendaciones\\_y\\_pliegos\\_varios/Recomendaciones\\_tratamiento\\_suelos\\_con\\_cal\\_Version\\_Diciembre\\_2010.pdf](https://www.aopandalucia.es/inetfiles/area_tecnica/calidad/Recomendaciones_y_pliegos_varios/Recomendaciones_tratamiento_suelos_con_cal_Version_Diciembre_2010.pdf)
- Bauzá Castelló J. (2003) *Estabilización de suelos con cal* [Archivo PDF]. [http://www.elabora.es/index.php/divulgacion/item/download/5\\_51058156e3721b2dd24073ba37a8f2fd](http://www.elabora.es/index.php/divulgacion/item/download/5_51058156e3721b2dd24073ba37a8f2fd)
- Bendezu, R. y Ilquimiche, S. (2016) *Resistencia de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con cenizas de paja de caña de azúcar y el Polvo de Trachycardium Procerum (pata de Mula)*. (Tesis de pregrado no publicada). Universidad Privada San Pedro, Chimbote, Santa -Perú.
- Braja M. Das (2013) *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4.ª ed., Vol. 1) Cengage Learning Editores.
- Carrillo Vera R. (2018). *Sustitución del Cemento por 8% y 16% en Combinación del Molusco Trachy Cardyum Procerum (Pata de Mula) y hoja de Eucalipto en Mortero y Dterminar su Resistencia* [Tesis de Pregrado, Universidad San Pedro] Repositorio Institucional - Universidad San Pedro.



- Carrasco D. (2017). *Estabilización de los Suelos Arcillosos Adicionando Cenizas de Caña de Azúcar en el Tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa – 2017* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional - Universidad Cesar Vallejo.
- Crespo Villalaz C. (2014) *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (5.ª ed., Vol. 1). Noriega Editores.
- Cuadros C. (2017) *Mejoramiento de las propiedades físico -mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de los Andes]. Repositorio Institucional - Universidad Peruana de los Andes.
- Espinoza T; Honores G. (2018) *Estabilización de Suelos Arcillosos con Conchas de Abanico y Cenizas de Carbón con Fines de Pavimentación* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Santa.
- Galdámez A; Pacheco S; Pérez I. y Kino S. (2007). *Guía para la producción de Anadara spp.2006-2007* (Archivo PDF). [https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/2271029E1/materials/pdf/2007/2007\\_01\\_01.pdf](https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/2271029E1/materials/pdf/2007/2007_01_01.pdf)
- García R; Flórez E. y Acevedo C. (2018) *Clay surface characteristics using atomic force microscopy* [Características de la superficie de la arcilla mediante microscopía de fuerza atómica.] (Artículo). Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia.
- Hui KhimOoi, Xin Ning Koh, Hwai Chyuan Ong, Huawei Voon Lee, Mohd Sufri Mastuli, Yun Hin Tau fi q-Yap, Fahad A. Alharthi, Abdulaziz Ali Alghamdi y Nurul Asikin Mijan (2021). Progress on Modified Calcium Oxide Derived Waste-Shell Catalysts for Biodiesel Production [Progreso en catalizadores de capa de desecho derivados de óxido de calcio modificado para la producción

de biodiésel] (Artículo). Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Basilea, Suiza.

M. M. Hazri1, N. F Nasir1. (2020). *Calcium Oxide from Waste Shells as Potential Green Catalyst for Biodiesel Production* [Óxido de calcio de cáscaras de desechos como posible catalizador verde para la producción de biodiésel] (Artículo). Universiti Tun Hussein, Batu Pahat, Malaysia.

Mendoza, O. (2002). *Estructura por tallas, densidad poblacional y relación peso longitud de Anadara tuberculosa (Sowerby, 1833) en los manglares de Puerto Pizarro y Zarumilla–Tumbes, 2002* (Revista Científica). Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú.

Mileto C., Vegas F., Manzanares M., García S., Tomás S. y García A. (2018). *Maestros de la CAL*. <https://www.intbau.org/https://intbauspain.com/wp-content/uploads/2018/06/01-La-Cal-2018-06-02.pdf>

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Perú.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016). *Manual de Ensayos de Materiales* (Manual). Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Perú.

Montejo A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras* (libro). Universidad Católica de Colombia, Colombia.

Mora, E. (1990). *Catálogo de bivalvos marinos del Ecuador* (Boletín Científico). Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador.

Norma ASTM D-1557 y Norma MTC E 115 Proctor Modificado

Norma ASTM D-1883-73 y Norma MTC E 132, CBR

Norma ASTM D-2216 y Norma MTC E 108 Contenido de Humedad

Norma ASTM D-422 y Norma MTC E 107 Análisis Granulométrico

Norma ASTM D-4318, NTP 339.129; Norma MTC E 110 y Norma MTC E 111 Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad

Norma CE 020 (2016) Estabilización de Suelos

Ortiz, K., Iannacone, J., Perea de la Matta, A. y Biutrón B. (2011). Biología reproductiva de la “concha corazón” *Trachycardium procerum* de Chimbote, Perú. *The Biologist* 9(1), 68-70.

Quezada S. (2017) *Estudios Comparativo de la Estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para Pavimentación* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional - Universidad de Piura.

Ramos Jacinto B. (2018) *Resistencia a la Compresión de un concreto sustituyendo el cemento por 2% de pata de mula y 6% de arcilla* [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional – Universidad San Pedro.

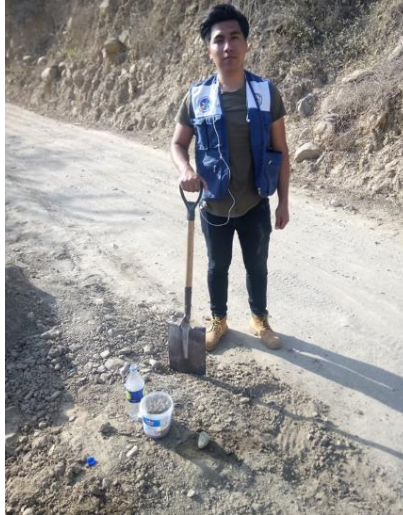
Rojas L. y Rivera S. (2014) *Caracterización de suelos arcillosos desecados al occidente de la sabana de Bogotá* [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomas]. Repositorio Institucional - Universidad Santo Tomas.

Soriano Soto M. (2018) *pH de Suelos* [Archivo PDF]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102382/Soriano%20-%20pHdel%20suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## IX. ANEXOS Y APÉNDICES

### Panel Fotográfico:

**Figura 18.**  
Carretera Larea - Hornillos



Nota. Se realizó la prueba de la botella para verificar la cantidad de arcilla contenido en dicha carretera.

**Figura 17.**  
Universidad Nacional de Trujillo



Nota. Se llevó la concha de pata de mula para su ensayo de ATD para luego calcinarlo y obtener el CaO.

**Figura 20.**  
Calicata N°1.



Nota. Se extrajo muestra de la calicata N°1 para los ensayos de suelos con la supervisión del ingeniero Montañez.

**Figura 19.**  
Calicata N°2



Nota. Se extrajo muestra de la calicata N°2 para los ensayos de suelos con la supervisión del ingeniero Montañez.

**Figura 22.**  
Ensayo de Análisis  
Granulométrico.



Nota. Este ensayo permite conocer el tamaño de las diferentes partículas que componen el suelo a analizar.

**Figura 21.**  
Ensayo de Limites de Atterberg



Nota. Este ensayo consistió en hallar los límites de los contenidos de humedad que caracterizan los cuatro estados de consistencia del suelo tratado.

**Figura 24.**  
Ensayo de Proctor Modificado



Nota. Este ensayo se emplea para determinar la relación densidad seca – humedad de compactación del suelo tratado.

**Figura 23.**  
Ensayo de penetración de CBR



Nota. Ensayo que mide la resistencia al esfuerzo cortante del suelo tratado.

## Matriz de Consistencia

Problem a	Objetivos	Variable s	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Escala de Medición	Indicadores
<p><b>¿Cómo influirá el suelo arcilloso con la adición del 4% y 6% de cenizas de concha de pata de mula?</b></p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar la estabilización de suelos arcillosos adicionando un 4% y 6% de cenizas de conchas de pata de mula en el tramo Lareacón, distrito de Hornillos, distrito de Moro.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar el grado de calcinación la concha “Pata de Mula” mediante el ensayo de ATD (Análisis Térmico Diferencial).</li> </ul>	<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>: Estabilización de Suelos</p>	<p>✓ Es un proceso de alteración de propiedades de ingeniería de suelo in situ o tomando a un costo mas bajo y de control de calidad mucho mejor. Las técnicas de mejora de suelo se pueden colocar en</p>	<p>✓ Se realizará la estabilización química, a través de la adición de cenizas de concha de pata de mula en 4% y 6%, lo cual se busca modificar sus propiedades físicas y químicas para uso en carreteras.</p> <p>✓ La finalidad de evaluar la estabilización es comprobar la interacción que tiene estas conchas</p>	<p>✓ <b>Análisis Granulométrico</b></p> <p>✓ <b>Contenido de Humedad</b></p> <p>✓ <b>Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad</b></p> <p>✓ <b>Proctor Modificado</b></p> <p>✓ <b>CBR</b></p>	<p>Según la escala de medición es de intervalos, siendo así una variable continua de valor cuantitativa.</p>	<p>Varianza</p> <p>Desviación Estándar</p>



- Determinar la composición química de las cenizas de concha “Pata de Mula” y del suelo arcilloso a través de la Fluorescencia de Rayos X (XRF).

- Determinar el PH de del suelo patrón y en mezcla del 4% y 6% de cenizas de concha “Pata de Mula”.

- Determinar la relación de densidad seca – Contenido de humedad (Proctor Modificado) de la muestra patrón y de la combinación en 4% y 6% de las cenizas de concha “Pata de Mula”.

categorías mediante mezclas de como: i) cenizas-suelo que Estabilización generen un impacto química; ii) en sus propiedades.

Estabilización Mecánica.  
(Braja M. Das, 2013)

<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la capacidad portante (CBR) del espécimen patrón y la combinación en 4% y 6% de cenizas concha “Pata de Mula”.</li> </ul>	<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Dosificaciones de cenizas de conchas de Pata de Mula (CaO) en soluciones de suelo.</p>	<p>✓ Se define como suelo tratado con cal a la mezcla homogénea y uniforme de un suelo con cal a fin de mejorar las características geotécnicas o trabajabilidad del mismo. (Atienza Díaz M., 2014 pág. 6)</p>	<p>✓ Es aquella mezcla de suelo-ceniza de concha pata de mula en proporción de 4% y 6% añadidas a suelos arcillosos en la red vial Larea – Hornillos del distrito de Moro, de acuerdo a las siguientes normas establecidas para la estabilización de suelos con cal, norma CE 020 y el Manual de Carreteras EG-2013</p>	<p>✓ <b>Dosificación en 4% de cenizas de conchas de coquina EN UNA MESCLA DE SUELO.</b></p> <p>✓ <b>Dosificación en 8% de cenizas de conchas de coquina EN UNA MESCLA DE SUELO.</b></p>	<p>Promedios de Análisis Granulométrico</p> <p>Promedios de Límite líquido, plástico e Índice de Plasticidad</p> <p>Promedios de Contenido de Humedad</p> <p>Promedios de Proctor Modificado</p> <p>Promedios de CBR (capacidad portante)</p>
---	---	--	---	---	---

# Informe de Análisis Térmico Diferencial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 29 de octubre del 2019

INFORME N° 79 - OCT-19

Solicitante: Gerón Cruz Beyan A. – Universidad San Pedro

RUC/DNI: .....

Supervisor: .....

## 1. MUESTRA: Concha pata de mula (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CPM-79O	32 mg	.....

## 2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

## 3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG DTA DSC Cap. Mús.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 51765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 32 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa

Tel. 442033195/075488/60509030 <http://www.untrujillo.edu.pe> - Av. Pablo Héro - Ciudad Universitaria - Trujillo



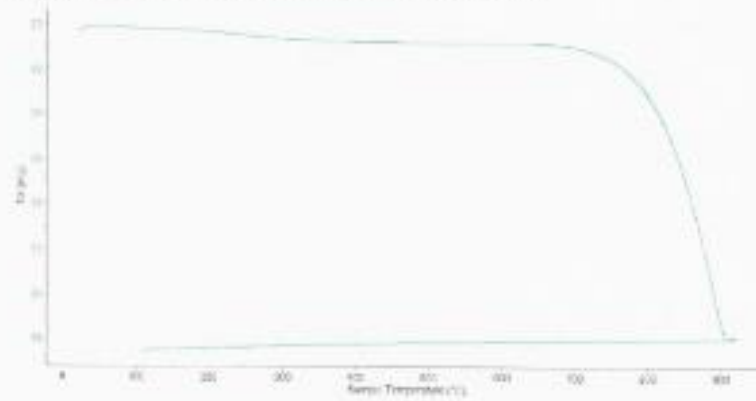


Trujillo, 29 de octubre del 2019

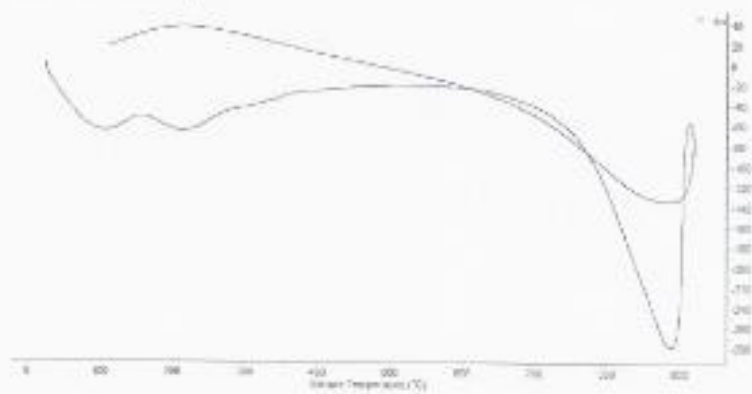
INFORME N° 79 - OCT-19

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica /ATD



Tel: 41 8201155-8201156-8201157 (fax) 8201158-8201159 / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria - Trujillo -

LABORATORIO DE POLÍMEROS OPT. LIMA  
JEFATURA  
UNI  
*[Handwritten signature]*



Trujillo, 29 de octubre del 2019

INFORME N° 79 - OCT-19

**5. CONCLUSION:**

1. El análisis TG muestra una gran estabilidad térmica hasta 700 °C, a partir del cual el material recién experimenta caída de masa significativa, y cuando el material ha alcanzado los 900°C, llega perder un total de 45% de su masa inicial aproximadamente al finalizar el ensayo.
2. El análisis ATD, muestra dos ligeros picos endotérmicos en 100°C y 200°C y posteriormente, más adelante, se muestran un intenso pico de absorción térmica a 890°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

Trujillo, 29 de octubre del 2019

  
Ing. Jimmy Mestas Chávez Novon  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

## Informe de Fluorescencia Calcinación



CALCINACION DE MATERIAL	
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO
SOLICITANTE:	GARCIA CRUZ, BRYAN ALBERTO
MATERIAL:	CONCHAS DL PATA DE MULA

### RESULTADOS

TEMPERATURA DE CALCINACION	890 °C
TIEMPO A TEMPERATURA CONSTANTE MAXIMA	2 Horas
PESO INICIAL	6 Kg
PESO FINAL	5.081 kg
PERDIDA(%)	15.3 %

  
Juan Pablo II  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197304

# Informe de Fluorescencia de Rayos X – Cenizas de Concha Pata de Mula



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABICER (Laboratorio N° 12)  
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



## INFORME TÉCNICO N° 2203 – 19 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : BRYAN ALBERTO GARCÍA CRUZ
  - 1.2 D.N.I. : 76216986
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 02 / 12 / 2019
  - 2.2 FECHA DE EMISIÓN : 09 / 12 / 2019
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZAS DE CONCHA PATA MULA
  - 4.2 TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA PATA MULA, CARRETERA LAREA-HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 25.0°C; Humedad relativa: 63%
7. EQUIPO UTILIZADO : ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X SHIMADZU, EDX 800HS.
8. RESULTADOS
  - 8.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, % <sup>(*)</sup>	MÉTODO UTILIZADO
Calcio, Ca	98.841	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Estroncio, Sr	0.579	
Potasio, K	0.340	
Azufre, S	0.241	

<sup>(\*)</sup> Balance de resultados del análisis elemental (del todo al uno) por espectrometría de fluorescencia de rayos X.

- 8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, % <sup>(*)</sup>	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de calcio, CaO	97.589	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	1.883	
Óxido de estroncio, SrO	0.470	
Óxido de azufre, SO <sub>2</sub>	0.058	

<sup>(\*)</sup> Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental (del todo al uno) por espectrometría de fluorescencia de rayos X.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO  
Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Nadia Rodríguez  
Analista  
LABICER –UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Responsable de Análisis  
Jefa de Laboratorio  
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

## ANEXO



FIGURA N°1. Muestra analizada de cenizas de concha para mulla



FIGURA N°2. Espectrómetro de fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva



## Informe de Fluorescencia de Rayos X – Arcilla



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABICER (Laboratorio N° 12)  
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



### INFORME TÉCNICO N° 2204 – 19 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : BRAYAN ALBERTO GARCÍA CRUZ
  - 1.2 D.N.I. : 76216985
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 02 / 12 / 2019
  - 2.2 FECHA DE EMISIÓN : 09 / 12 / 2019
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA
  - 4.2 TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA PATA MULA, CARRETERA LAREA-HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 25.0°C; Humedad relativa: 63%
7. EQUIPO UTILIZADO : ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X. SHIMADZU, EDX 800HS.
8. RESULTADOS

#### 8.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, % <sup>(1)</sup>	MÉTODO UTILIZADO
Silicio, Si	44.589	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Aluminio, Al	24.475	
Hierro, Fe	14.838	
Calcio, Ca	5.471	
Magnesio, Mg	5.294	
Potasio, K	2.711	
Titanio, Ti	1.241	
Azufre, S	0.637	
Fósforo, P	0.417	
Manganeso, Mn	0.257	
Estroncio, Sr	0.070	

<sup>(1)</sup> Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X

## 8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, % <sup>(1)</sup>	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37.860	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	33.620	
Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.085	
Óxido de magnesio, MgO	8.554	
Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	5.279	
Óxido de calcio, CaO	2.252	
Óxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	0.660	
Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.446	
Óxido de manganeso, MnO	0.166	
Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>	0.054	
Óxido de estroncio, SrO	0.023	

<sup>(1)</sup>Balances de resultados de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X.

## 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Nadia Rodríguez  
Analista  
LABICER –UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Responsable de Análisis  
Jefa de Laboratorio  
CQP 202

*El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.*

## ANEXO



FIGURA N°1. Muestra analizada de arcilla



FIGURA N°2. Espectrómetro de fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva

# Informe de pH



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

INFORME DE LABORATORIO DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**INFORME DE ENSAYO N° 20210322-001**

Pág. 1 de 1

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR	: GARCÍA CRUZ BRYAN ALBERTO.
DIRECCIÓN	: Pasaje Pablo Neruda PP.JJ. Ramon Castilla Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADOS
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA	: 06 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de polietileno, cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2021-03-22
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2021-03-22
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2021-03-22
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 210322-1

**RESULTADOS**

**"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE MULO, CARRETERA LARREA HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"**

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
CALICATA 1 - 0%	8,71
CALICATA 1 - 4%	11,77
CALICATA 1 - 8%	11,61
CALICATA 2 - 0%	8,69
CALICATA 2 - 4%	11,57
CALICATA 2 - 8%	11,89

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:  
 Proporcionadas por el Solicitante (  ) Muestras por COLECBI S.A.C. (  )
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Divinencia por su pareabilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: SI (  ) NO (  )
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 23 del 2021.  
GVR/jma

LC-MP-HRE  
Rev. 05  
Fecha 2019-07-01

*A. Gustavo Vargas Ramos*  
Ingeniero de Laboratorio  
RITL200 TECNOLÓGICO  
I.R.P. M.  
COLECBI S.A.C. EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
 Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
 Web: www.colecbi.com



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL-4%  
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : BACH.GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO\*  
 MATERIAL : TERRENO NATURAL  
 CALICATA : ,1  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

<b>Características</b>						
	1	2	3			
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energia Compactacion [kg-cm]/cm <sup>2</sup>	27.7	12.2	6.1			
<b>Densidad Seca [CBR ]</b>						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	9,127.0	8,725.0	8,200.0			
02 - Peso del molde (g)	4,432.0	4,577.0	4,572.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,695.0	4,148.0	3,628.0			
04 - Volumen de molde, cm <sup>3</sup>	2,210.000	2,001.000	2,012.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.124	2.073	1.803			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	525.0	630.4	481.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	477.5	571.8	438.1			
09 - Peso del agua (g)	47.5	58.6	42.9			
10 - Peso del tarro (g)	65.0	64.0	65.0			
11 - Peso suelo seco (g)	412.5	507.8	373.1			
12 - Contenido de humedad (%)	11.5	11.5	11.5			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.905	1.858	1.617			
Expansión, %						
<b>Absorcion</b>						
	1	2	3			
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,695.0	4,148.0	3,628.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	10,402.8	10,041.5	9,519.8			
03 - Peso del molde (g)	4,432.0	4,577.0	4,572.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	5,970.8	5,464.5	4,947.8			
05 - Peso del agua absorbida (g)	1275.8	1316.5	1319.8			
06 - Peso del suelo seco (g)	4,210.6	3,718.8	3,253.8			
07 - Absorción de agua (%)	30.3	35.4				
<b>Penetración</b>						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	10.0	70.4	8.0	61.9	5.0	49.2
1.3	12.0	78.9	11.0	74.7	8.0	61.9
1.9	15.0	91.7	15.0	91.7	12.0	78.9
2.5	25.0	134.15	19.0	108.65	18.0	104.40
3.2	29.0	151.1	22.0	121.4	22.0	121.4
3.8	35.0	176.6	31.0	159.6	30.0	155.4
5.08	62.0	291.4	38.0	189.4	34.0	172.4
7.6	84.0	384.8	46.0	223.4	42.0	206.4
10.16	95.0	431.6	56.0	265.9	49.0	236.1
12.7	103.0	465.6	64.0	299.9	55.0	261.6
Carga [%]	134.15 kgf. [9.9%]		108.65 kgf. [8%]		104.4 kgf. [7.7%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y MATERIALES  
 Mg. **Miguel Solar Jara**



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL-6%  
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : BACH.GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"  
 MATERIAL : TERRENO NATURAL  
 CALICATA : ,1  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

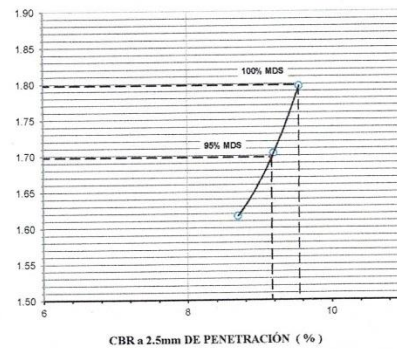
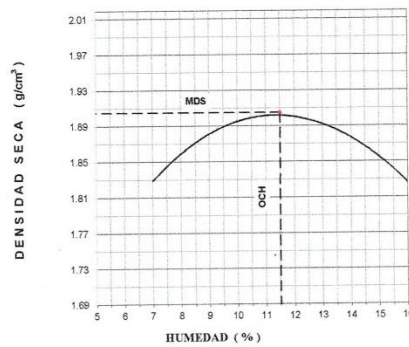
<b>Características</b>						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energía Compactación [kg-cm/cm <sup>2</sup> ]	27.7	12.2	6.1			
<b>Densidad Seca [CBR ]</b>						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	9,220.6	8,725.0	8,200.0			
02 - Peso del molde (g)	4,429.0	4,577.0	4,572.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,791.6	4,148.0	3,628.0			
04 - Volumen de molde, cm <sup>3</sup>	2,210.000	2,001.000	2,012.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.168	2.073	1.803			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	565.0	590.3	526.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	509.0	530.4	475.0			
09 - Peso del agua (g)	56.0	59.9	51.0			
10 - Peso del tarro (g)	67.0	68.0	65.0			
11 - Peso suelo seco (g)	442.0	462.4	410.0			
12 - Contenido de humedad (%)	12.7	12.9	12.4			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.924	1.835	1.604			
Expansión, %						
<b>Absorción</b>						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,791.6	4,148.0	3,628.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	10,432.6	9,914.9	9,316.4			
03 - Peso del molde (g)	4,429.0	4,577.0	4,572.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	6,003.6	5,337.9	4,744.4			
05 - Peso del agua absorbida (g)	1212.0	1189.9	1116.4			
06 - Peso del suelo seco (g)	4,252.8	3,672.6	3,226.6			
07 - Absorción de agua (%)	28.5	32.4	34.6			
<b>Penetración</b>						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial*4.2491345+27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	20.0	112.9	12.0	78.9	8.0	61.9
1.3	24.0	129.9	16.0	95.9	13.0	83.2
1.9	32.0	163.9	22.0	121.4	18.0	104.4
2.5	42.0	206.38	30.0	155.39	25.0	134.15
3.2	56.0	265.9	35.0	176.6	30.0	155.4
3.8	70.0	325.4	45.0	219.1	35.0	176.6
5.08	80.0	367.9	50.0	240.4	44.0	214.9
7.6	110.0	495.3	55.0	261.6	46.0	223.4
10.16	120.0	537.8	60.0	282.9	52.0	248.9
12.7	150.0	665.3	70.0	325.4	60.0	282.9
Carga [%]	206.38 kgf. [15.2%]		155.39 kgf. [11.4%]		134.15 kgf. [9.9%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 J.F.F.E



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ ASTM D-1883 ]-EXPERIMENTAL-4%**

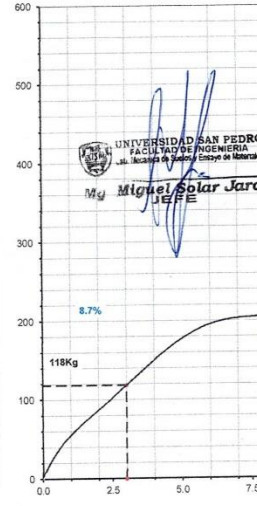
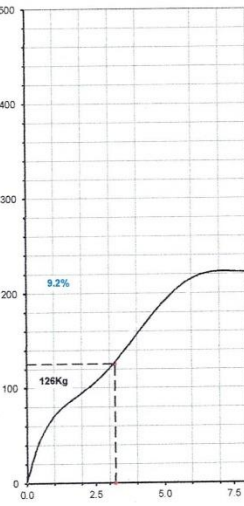
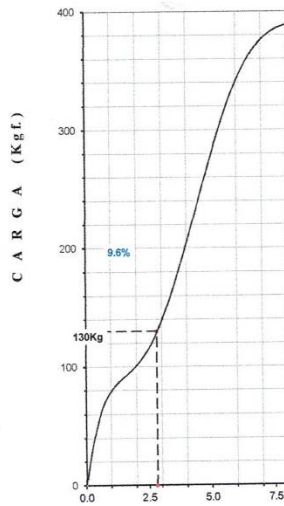
NOMBRE : BACH.GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA	MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.905
DE PATA DE MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.5
MATERIAL : TERRENO NATURAL	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	9.6
CALICATA : 1	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	9.2
UBICACIÓN : MORO-SANTA ANCA SH	SUCS : LL : - - IP : - - G <sub>s</sub> : - -	
FECHA : 23-Mar-2021	AASHTO : EMBEBIDO : 4 días   EXPANSIÓN :	
	ABSORCIÓN : 30.3 %   HUMEDAD DE PENETRACIÓN :	41.8 %



- EC = 56 GOLPES ( 27.7 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )

- EC = 25 GOLPES ( 12.2 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )

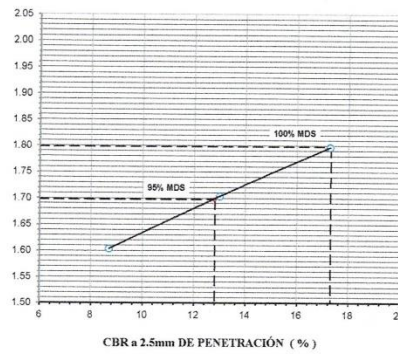
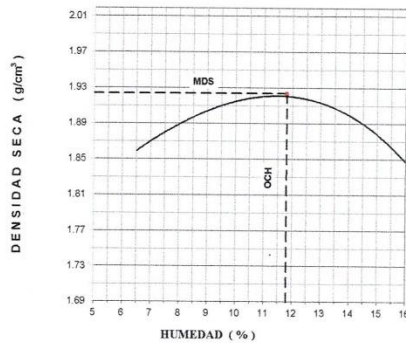
- EC = 12 GOLPES ( 6.1 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )





**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ ASTM D-1883 ]-EXPERIMENTAL-6%**

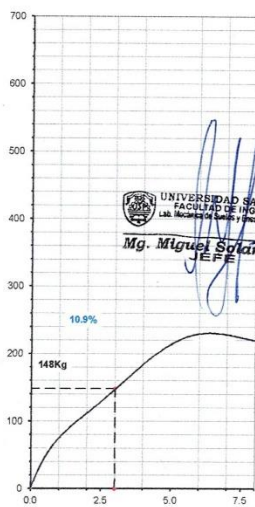
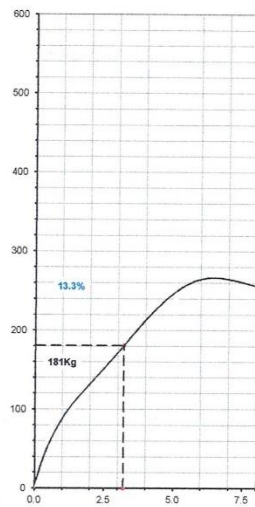
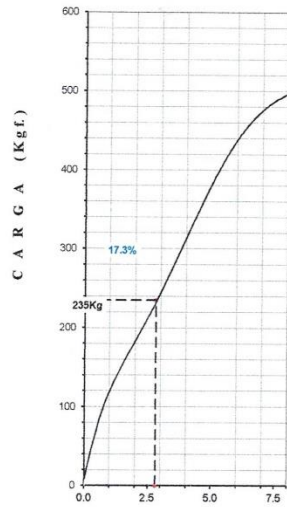
NOMBRE : BACH GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA	MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.924
DE PATA DE MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO*	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.8
	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	17.3
MATERIAL : TERRENO NATURAL	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	12.8
CALICATA : 1	SUCS : LL : -- IP : -- G <sub>s</sub> : --	
UBICACIÓN : MORO-SANTA-ANCASH	AASHTO : EMBEBIDO 4 días EXPANSIÓN :	
FECHA : 23-Mar-2021	ABSORCIÓN : 28.5 % HUMEDAD DE PENETRACIÓN : 40.3 %	



- EC= 56 GOLPES ( 27.7 Kg-cm/cm<sup>2</sup> )

- EC= 25 GOLPES ( 12.2 Kg-cm/cm<sup>2</sup> )

- EC= 12 GOLPES ( 6.1 Kg-cm/cm<sup>2</sup> )



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Lab. Mecánica de Suelos y Grupo de Materiales  
Mg. Miguel Sotol Jara  
JEFE





**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL-4%  
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : BACH.GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"  
 MATERIAL : TERRENO NATURAL  
 CALICATA : 2  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

<b>Características</b>						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energía Compactación [kg-cm]/cm <sup>2</sup>	27.7	12.2	6.1			
<b>Densidad Seca [CBR ]</b>						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	9,148.0	8,754.0	7,982.0			
02 - Peso del molde (g)	4,432.0	4,577.0	4,572.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,716.0	4,177.0	3,410.0			
04 - Volumen de molde, cm <sup>3</sup>	2,210.000	2,141.000	2,012.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.134	1.951	1.695			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	525.3	635.3	455.8			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	474.2	571.8	412.4			
09 - Peso del agua (g)	51.2	63.5	43.4			
10 - Peso del tarro (g)	65.0	64.0	65.0			
11 - Peso suelo seco (g)	409.2	507.8	347.4			
12 - Contenido de humedad (%)	12.5	12.5	12.5			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.897	1.734	1.507			
Expansión, %						
<b>Absorción</b>						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,716.0	4,177.0	3,410.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	9,659.4	9,285.0	8,530.6			
03 - Peso del molde (g)	4,432.0	4,577.0	4,572.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	5,227.4	4,708.0	3,958.6			
05 - Peso del agua absorbida (g)	511.4	531.0	548.6			
06 - Peso del suelo seco (g)	4,191.9	3,713.1	3,031.1			
07 - Absorción de agua (%)	12.2	14.3	18.1			
<b>Penetración</b>						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	14.0	87.4	10.0	70.4	9.0	66.2
1.3	20.0	112.9	15.0	91.7	11.0	74.7
1.9	27.0	142.6	18.0	104.4	13.0	83.2
2.5	29.0	151.15	22.0	121.40	15.0	91.66
3.2	38.0	189.4	31.0	159.6	18.0	104.4
3.8	46.0	223.4	43.0	210.6	20.0	112.9
5.08	52.0	248.9	48.0	231.9	22.0	121.4
7.6	56.0	265.9	53.0	253.1	28.0	146.9
10.16	68.0	316.9	59.0	278.6	32.0	163.9
12.7	73.0	338.1	63.0	295.6	37.0	185.1
Carga [%]	151.15 kgf. [11.1%]		121.4 kgf. [8.9%]		91.66 kgf. [6.7%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Miguel Ángel Jara  
 J.P.E.



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL-6%  
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : BACH GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO\*  
 MATERIAL : TERRENO NATURAL  
 CALICATA : 2  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

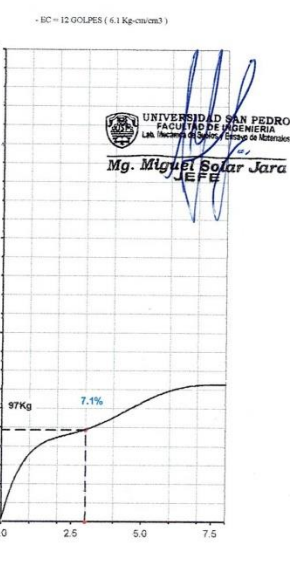
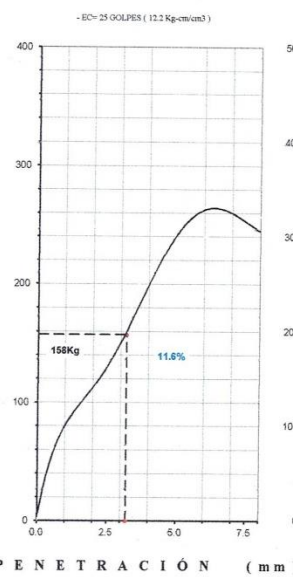
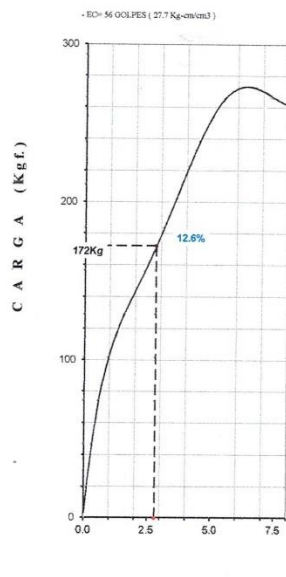
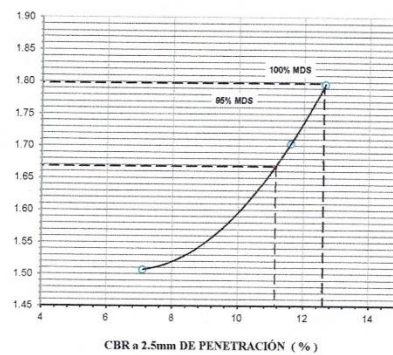
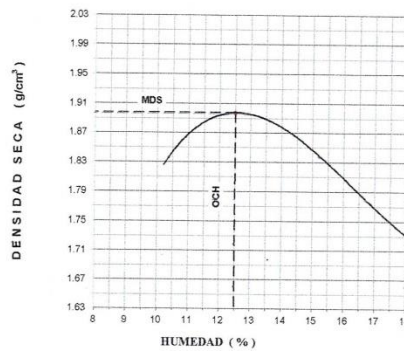
<b>Características</b>						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energia Compactacion [kg-cm]/cm <sup>2</sup>	27.7	12.2	6.1			
<b>Densidad Seca [CBR]</b>						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	9,428.0	8,754.0	7,982.0			
02 - Peso del molde (g)	4,432.0	4,577.0	4,572.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,996.0	4,177.0	3,410.0			
04 - Volumen de molde, cm <sup>3</sup>	2,210.000	2,141.000	2,012.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2,261	1,951	1,695			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	520.3	630.0	445.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	459.2	552.8	393.0			
09 - Peso del agua (g)	61.2	77.2	52.0			
10 - Peso del tarro (g)	65.0	64.0	65.0			
11 - Peso suelo seco (g)	394.2	488.8	328.0			
12 - Contenido de humedad (%)	15.5	15.8	15.9			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.957	1.685	1.463			
Expansión, %						
<b>Absorción</b>						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,996.0	4,177.0	3,410.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	10,057.7	9,387.4	8,585.4			
03 - Peso del molde (g)	4,432.0	4,577.0	4,572.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	5,625.7	4,810.4	4,013.4			
05 - Peso del agua absorbida (g)	629.7	633.4	603.4			
06 - Peso del suelo seco (g)	4,325.0	3,607.3	2,943.4			
07 - Absorción de agua (%)	14.6	17.6	20.5			
<b>Penetración</b>						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	17.0	100.2	13.0	83.2	11.0	74.7
1.3	30.0	155.4	17.0	100.2	16.0	95.9
1.9	40.0	197.9	22.0	121.4	19.0	108.7
2.5	50.0	240.38	33.0	168.14	25.0	134.15
3.2	60.0	282.9	40.0	197.9	32.0	163.9
3.8	70.0	325.4	45.0	219.1	40.0	197.9
5.08	80.0	367.9	50.0	240.4	45.0	219.1
7.6	90.0	410.3	60.0	282.9	50.0	240.4
10.16	110.0	495.3	65.0	304.1	55.0	261.6
12.7	120.0	537.8	70.0	325.4	60.0	282.9
Carga [%]	240.38 kgf. [17.7%]		168.14 kgf. [12.4%]		134.15 kgf. [9.9%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 La Iniciativa en el Camino al Desarrollo  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 DEFE



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ ASTM D-1883 ]-EXPERIMENTAL-4%**

NOMBRE : BACH GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO*	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.997
	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.5
MATERIAL : TERRENO NATURAL	CBR AL 100% DE LA M.D.S (%)	12.6
CALICATA : 2	CBR AL 95% DE LA M.D.S (%)	11.1
LUBICACIÓN : MORO-SANTA-ANCASH	SUCS : LL : -- IP : -- G <sub>s</sub> : --	
FECHA : 23-Mar-2021	AASHTO : EMBEBIDO : 4 días EXPANSIÓN :	
	ABSORCIÓN : 12.2 % HUMEDAD DE PENETRACIÓN :	24.7 %

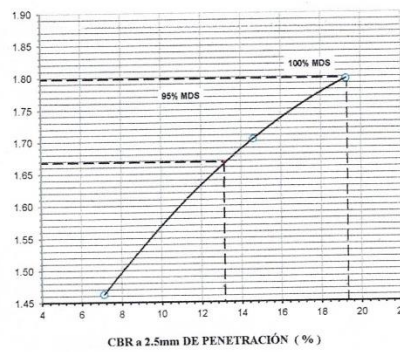
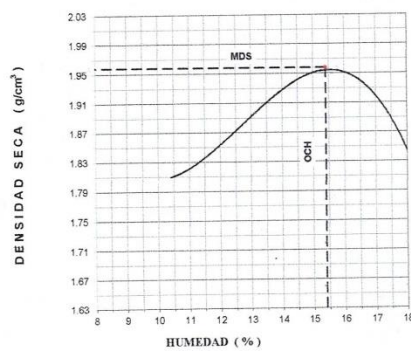


UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LAB. (Instituto de Geotecnia y Ensayo de Materiales)  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ ASTM D-1883 ]-EXPERIMENTAL-6%**

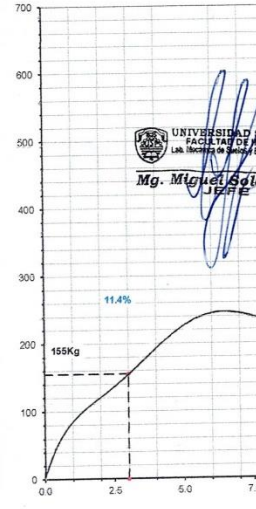
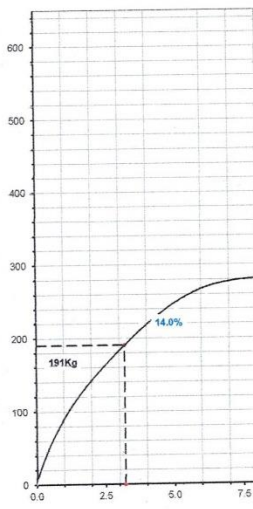
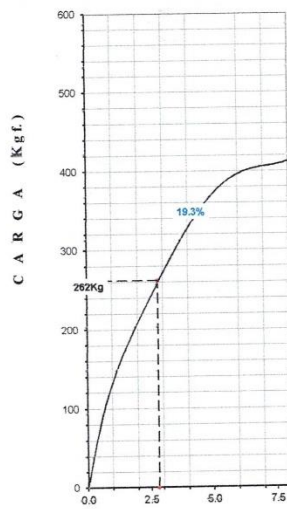
NOMBRE : BACH GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE MULA, CARRETERA LAREA - HORRILLOS, DISTRITO DE MORO*	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.957
	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.4
	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	19.3
	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	13.1
MATERIAL : TERRENO NATURAL	SUCS	LL : -- IP : -- G <sub>s</sub> : --
CALICATA : 2	AASHTO	EMBEBIDO : 4 días EXPANSIÓN : --
UBICACIÓN : MORO-SANTA ANCASSH	ABSORCIÓN : 14.6 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN : 30.0 %
FECHA : 23-Mar-2021		



- EC= 56 GOLPES ( 27.7 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )

- EC= 25 GOLPES ( 12.2 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )

- EC = 12 GOLPES ( 6.1 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )



PENETRACIÓN ( mm )

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR**  
NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : BACH.GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"  
 MATERIAL : TERRENO NATURAL  
 CALICATA : .1  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

<b>Características</b>						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energía Compactación [kg-cm]/cm³	27.7	12.2	6.1			
<b>Densidad Seca [CBR ]</b>						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	9,184.0	9,004.0	8,542.0			
02 - Peso del molde (g)	4,432.0	4,577.0	4,572.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,752.0	4,427.0	3,970.0			
04 - Volumen de molde, cm³	2,210.000	2,141.000	2,012.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)	2.150	2.068	1.973			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	610.3	525.4	295.2			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	543.6	469.2	267.1			
09 - Peso del agua (g)	66.7	56.2	28.1			
10 - Peso del tarro (g)	64.0	65.0	65.0			
11 - Peso suelo seco (g)	479.6	404.2	202.1			
12 - Contenido de humedad (%)	13.9	13.9	13.9			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)	1.888	1.815	1.732			
<b>Expansion %</b>						
<b>Absorción</b>						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,752.0	4,427.0	3,970.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	9,880.8	9,727.0	9,291.4			
03 - Peso del molde (g)	4,432.0	4,577.0	4,572.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	5,448.8	5,150.0	4,719.4			
05 - Peso del agua absorvida (g)	696.8	723.0	749.4			
06 - Peso del suelo seco (g)	4,172.2	3,886.8	3,485.4			
07 - Absorción de agua (%)	16.7	18.6	21.5			
<b>Penetración</b>						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	4.0	44.9	2.0	36.4	1.0	32.2
1.3	5.0	49.2	3.0	40.7	1.0	32.2
1.9	6.0	53.4	3.5	42.8	2.0	36.4
2.5	8.0	61.91	4.0	44.92	2.5	38.54
3.2	11.0	74.7	5.0	49.2	3.0	40.7
3.8	14.0	87.4	5.5	51.3	4.0	44.9
5.08	15.0	91.7	6.0	53.4	5.0	49.2
7.6	16.0	95.9	6.5	55.5	5.5	51.3
10.16	17.0	100.2	7.0	57.7	6.0	53.4
12.7	19.0	108.7	8.0	61.9	6.5	55.5
Carga [%]	61.91 kgf. [4.6%]		44.92 kgf. [3.3%]		38.54 kgf. [2.8%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
 Miguel Solar Jara  
 15 FEB



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR**  
NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : BACH.GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO\*  
 MATERIAL : TERRENO NATURAL  
 CALICATA : 2  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

<b>Características</b>						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energía Compactación [kg-cm]/cm³	27.7	12.2	6.1			
<b>Densidad Seca [CBR]</b>						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	9.300.0	8.990.0	8.280.0			
02 - Peso del molde (g)	4.432.0	4.572.0	4.572.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4.868.0	4.418.0	3.708.0			
04 - Volumen de molde, cm³	2.267.000	2.141.000	2.012.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)	2.147	2.064	1.843			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	610.3	764.4	804.5			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	555.4	693.8	730.0			
09 - Peso del agua (g)	54.9	70.5	74.5			
10 - Peso del tarro (g)	65.0	64.0	65.0			
11 - Peso suelo seco (g)	490.4	629.8	665.0			
12 - Contenido de humedad (%)	11.2	11.2	11.2			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)	1.931	1.856	1.657			
Expansión, %						
Absorción						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4.868.0	4.418.0	3.708.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	10.468.9	10.412.4	9.537.1			
03 - Peso del molde (g)	4.432.0	4.572.0	4.572.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	6.036.9	5.840.4	4.965.1			
05 - Peso del agua absorbida (g)	1.168.9	1.422.4	1.257.1			
06 - Peso del suelo seco (g)	4.377.7	3.973.1	3.334.4			
07 - Absorción de agua (%)	26.7	35.8	37.7			
<b>Penetración</b>						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	2.0	36.4	2.0	36.4	2.0	36.4
1.3	3.0	40.7	3.0	40.7	2.5	38.5
1.9	4.0	44.9	3.5	42.8	3.0	40.7
2.5	5.0	49.17	4.0	44.92	4.0	44.92
3.2	6.0	53.4	5.0	49.2	5.0	49.2
3.8	7.0	57.7	5.5	51.3	5.5	51.3
5.08	8.0	61.9	6.0	53.4	6.0	53.4
7.6	9.0	66.2	7.0	57.7	7.0	57.7
10.16	10.0	70.4	8.0	61.9	8.0	61.9
12.7	11.0	74.7	8.5	64.0	8.5	64.0
Carga [%]	49.17 kgf. [3.6%]		44.92 kgf. [3.3%]		44.92 kgf. [3.3%]	

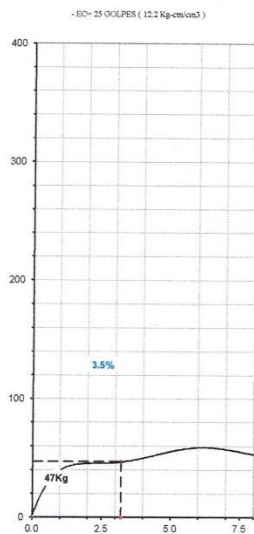
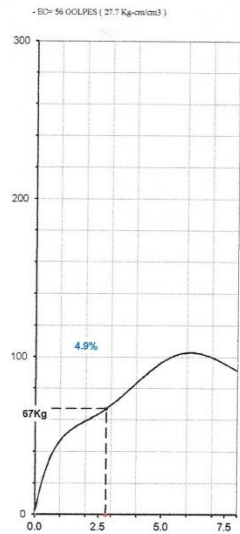
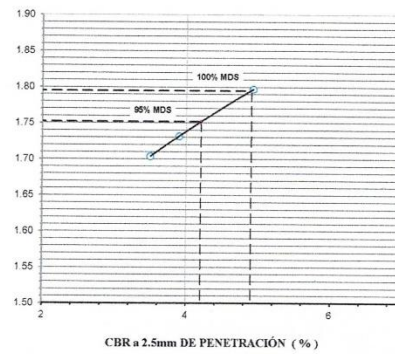
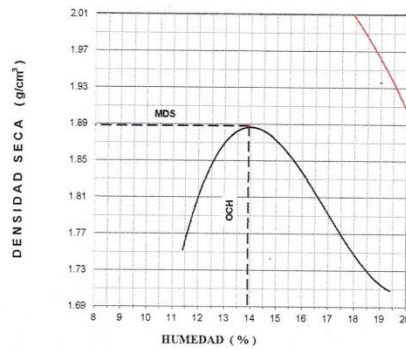
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 L36. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Miguel Solar Jara*  
 J.E.P.E.



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ ASTM D-1883 ]**

NOMBRE : BACH GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE MULA, CARRETERA LARREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO*	MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.888
	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.9
	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	4.9
	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	4.2
MATERIAL : TERRENO NATURAL	SUCS :	LL : .. IP : .. G <sub>s</sub> : ..
CALCATA : 1	AASHTO :	EMBEBIDO : 4 días EXPANSIÓN :
UBICACIÓN : MORO-SANTA-ANCASH	ABSORCIÓN :	16.7 % HUMEDAD DE PENETRACIÓN : 30.6 %
FECHA : 23-Mar-2021		



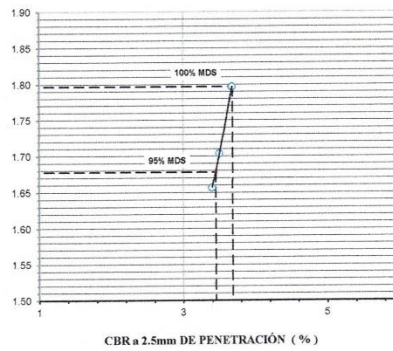
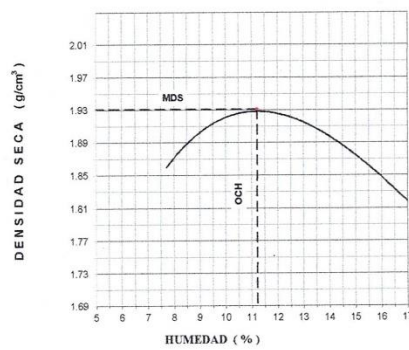
P E N E T R A C I Ó N ( m m )

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ ASTM D-1883 ]**

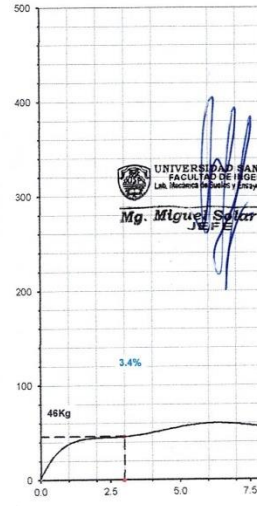
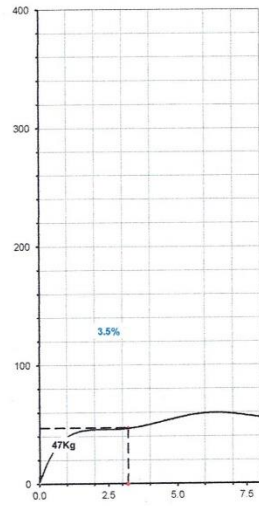
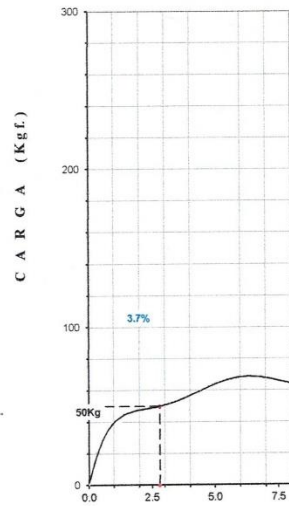
NOMBRE : BACH GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO		MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557) : A	
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO		MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> ) : 1.931	
MATERIAL : TERRENO NATURAL		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 11.2	
CALICATA : 2		CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%) : 3.7	
UBICACIÓN : MORO-SANTA-ANCASH		CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%) : 3.5	
FECHA : 23-Mar-2021		SUCS : LL : - - IP : - - G <sub>s</sub> : - -	
		AASHTO : EMBEBIDO : 4 días EXPANSIÓN :	
		ABSORCIÓN : 26.7 % HUMEDAD DE PENETRACIÓN : 37.9 %	



- EC= 56 GOLPES ( 27.7 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )

- EC= 25 GOLPES ( 12.2 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )

- EC= 12 GOLPES ( 6.1 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )



PENETRACIÓN ( mm )





**CONTENIDO DE HUMEDAD**

(ASTM D-2216)

**SOLICITA** : BACH. GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
**TESIS** : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO\*  
**MATERIAL** : C-1 Y C-2  
**LUGAR** : MORO-SANTA-ANCASH  
**FECHA** : 23/03/2021

ENSAYO N°	C-1	C-2
Peso de tara + MH	745.00	705.00
Peso de tara + MS	725.00	695.00
Peso de tara	245.00	205.00
Peso del agua	20.00	10.00
MS	480.00	490.00
Contenido de humedad (%)	4.17	2.04

**NOTA** : La muestra fue traída y realizado por el interesado en este Laboratorio.

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D422)

SOLICITA : BACH. GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"  
 MUESTRA : SUELO NATURAL  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23-03-2021

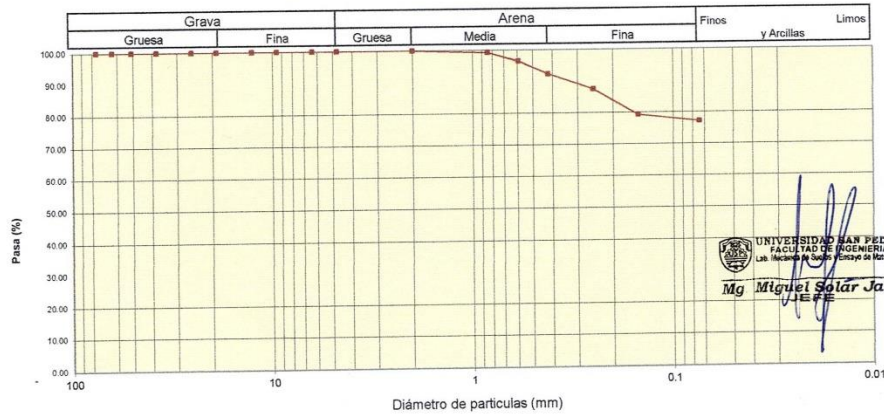
Peso Seco Inicial	725	gr.
Peso Seco Lavado	165.0	gr.
Peso perdido por lavado	560.0	gr.

CALICATA - 1
M - 1
PROF : 0.90

Tamiz(Abertura)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)	Clasificació AASHTO
Nº (mm)					
4 1/2"	114.30	0.0	0.0	100.0	Material limoso-arenoso Pobre a malo como subgrado A-8 Suelo arcilloso
4"	101.60	0.0	0.0	100.0	
3 1/2"	88.90	0.0	0.0	100.0	
3"	76.20	0.0	0.0	100.0	Valor del índice de grupo (IG): 14 Clasificación (S.U.C.S.)
2"	50.80	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0	Suelo de partículas finas. Arcilla media plastidad con arena CL
1"	25.40	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	Pasa tamiz Nº 4 (%) : 100.0 Pasa tamiz Nº 200 (%) : 77.2 D60 (mm) : D30 (mm) : D10 (mm) : Cu : 77.2 Cc
Nº 4	4.76	0.0	0.0	100.0	
Nº 10	2.000	5.0	0.7	99.3	
Nº 20	0.840	20.0	2.8	96.6	
Nº 40	0.425	30.0	4.1	92.4	
Nº 60	0.260	35.0	4.8	87.6	
Nº 140	0.106	60.0	8.3	79.3	
Nº 200	0.075	15.0	2.1	22.8	
< 200		560.0	77.2	100.0	
Total		725.0		100.0	

Límite líquido LL	39.58
Límite plástico LP	20.76
Índice plasticidad IP	18.82

CURVA GRANULOMÉTRICA





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D422)

SOLICITA : BACH.GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MUESTRA : MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"  
 LUGAR : SUELO NATURAL  
 FECHA : 23-03-2021

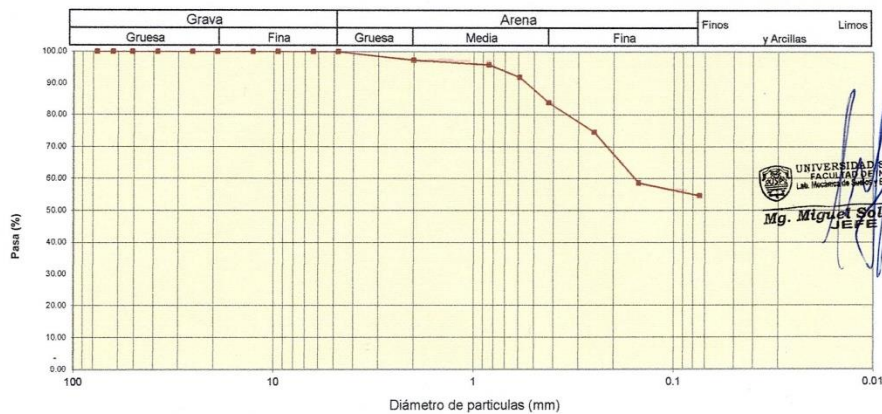
Peso Seco Inicial	375	gr.
Peso Seco Lavado	170.0	gr.
Peso perdido por lavado	205.0	gr.

CALICATA - 2
M - 1
PROF : 0.90

Tamiz(Apertura)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Clasificación AASHTO
N° (mm)	(gr.)	(%)	(%)	(%)	
4 1/2"	114.30	0.0	0.0	100.0	Material limoso-arenoso Pobre a malo como subgrado A-6 Suelo arcilloso
4"	101.60	0.0	0.0	100.0	
3 1/2"	88.90	0.0	0.0	100.0	
3"	76.20	0.0	0.0	100.0	Valor del índice de grupo (IG): 5
2"	50.80	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0	Clasificación (S.U.C.S.)
1"	25.40	0.0	0.0	100.0	Suelo de partículas finas. Arcilla media plasticidad arenosa CL
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	Pasa tamiz N° 4 (%) : 100.0
N° 4	4.76	10.0	2.7	97.3	
N° 10	2.000	5.0	1.3	96.0	Pasa tamiz N° 200 (%) : 54.7
N° 20	0.840	15.0	4.0	92.0	D60 (mm) : 0.14
N° 40	0.425	30.0	8.0	84.0	D30 (mm) :
N° 60	0.260	35.0	9.3	74.7	D10 (mm) :
N° 140	0.106	60.0	16.0	58.7	Cu
N° 200	0.075	15.0	4.0	54.7	Cc
< 200	205.0	54.7	100.0	0.0	
Total	375.0			100.0	

Límite líquido LL	36.51
Límite plástico LP	21.78
Índice plasticidad IP	14.73

CURVA GRANULOMÉTRICA



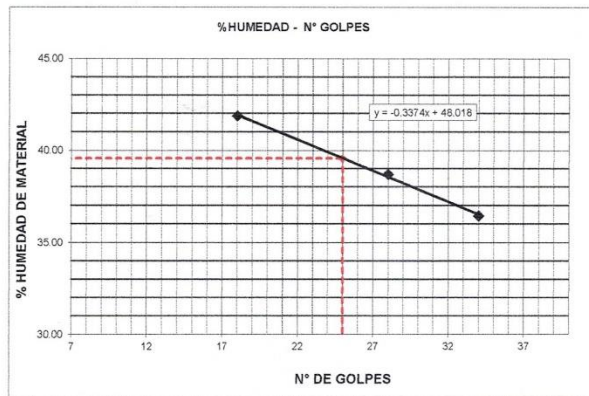
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 L.A. Huancayo, Perú  
 Mg. Miguel Solís Jara  
 JEFE



**LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**  
(MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH. GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO\*  
 MUESTRA : SUELO NATURAL CALICATA -1  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23-03-2021

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	44.50	43.50	44.70	20.20	23.70	19.90
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	37.50	36.30	37.26	19.96	22.80	18.96
PESO DE LA TARA (gr.)	18.30	17.70	19.50	18.80	18.60	14.30
PESO DEL AGUA (gr.)	7.00	7.20	7.44	0.24	0.90	0.94
PESO SUELO SECO (gr.)	19.20	18.60	17.76	1.16	4.20	4.66
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	36.46	38.71	41.89	20.69	21.43	20.17
Nro. DE GOLPES	34	28	18	20.76		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 39.58

LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 20.76

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP :	% 18.82

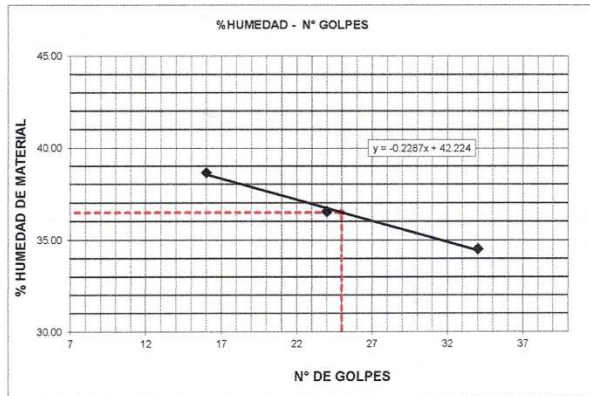
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jdra  
 JEFE



**LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**  
(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH.GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"  
 MUESTRA : SUELO NATURAL CALICATA -2  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23-03-2021

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	41.40	49.80	45.60	23.40	24.50	23.80
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	35.60	41.50	38.10	22.50	23.40	22.90
PESO DE LA TARA (gr.)	18.80	18.80	18.70	18.20	18.50	18.80
PESO DEL AGUA (gr.)	5.80	8.30	7.50	0.90	1.10	0.90
PESO SUELO SECO (gr.)	16.80	22.70	19.40	4.30	4.90	4.10
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	34.52	36.56	38.66	20.93	22.45	21.95
Nro. DE GOLPES	34	24	16	21.78		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 36.51

LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 21.78

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP :	% 14.73

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Los Mecánicos de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Mg *Miguel Sotir Jara*  
 JEFE



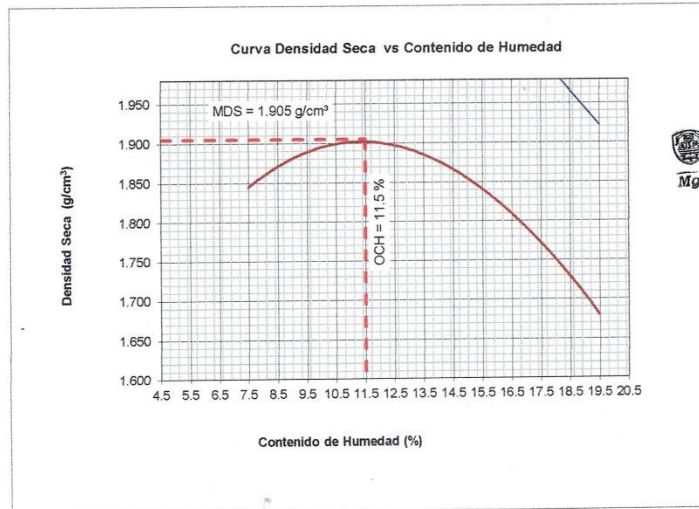
**PROCTOR MODIFICADO-EXPERIMENTAL-4%**

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH. GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO  
 MATERIAL : SUELO NATURAL  
 CALICATA : 1  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm <sup>2</sup>			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3854	3952	3990	3876
02 - Peso del Molde (g)	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1869.0	1967.0	2005.0	1891.0
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	942.2	942.2	942.2	942.2
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.984	2.088	2.128	2.007
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	662.0	658.0	666.0	664.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	620.0	603.0	586.0	566.0
09 - Peso del agua (g)	42.0	55.0	80.0	98.0
10 - Peso del tarro (g)	62.0	58.0	66.0	64.0
11 - Peso suelo seco (g)	558.0	545.0	520.0	502.0
12 - Contenido de Humedad (%)	7.5	10.1	15.4	19.5
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.845	1.896	1.844	1.680

Contenido Optimo Humedad **11.50 %** Densidad Seca Maxima, **1.905 g/cm<sup>3</sup>**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jara



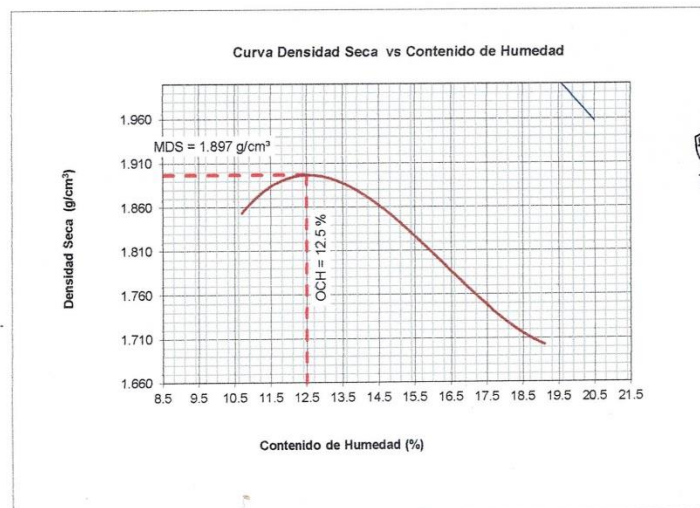
**PROCTOR MODIFICADO-EXPERIMENTAL-4%**

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH.GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"  
 MATERIAL : SUELO NATURAL  
 CALICATA : 2  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm <sup>2</sup>			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3919	4000	3952	3896
02 - Peso del Molde (g)	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1934.0	2015.0	1967.0	1911.0
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	942.2	942.2	942.2	942.2
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.053	2.139	2.088	2.028
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	666.0	764.0	804.0	700.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	608.0	696.0	720.0	615.0
09 - Peso del agua (g)	58.0	68.0	84.0	85.0
10 - Peso del tarro (g)	66.0	164.0	204.0	170.0
11 - Peso suelo seco (g)	542.0	532.0	516.0	445.0
12 - Contenido de Humedad (%)	10.7	12.8	16.3	19.1
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.854	1.896	1.795	1.703

Contenido Optimo Humedad **12.50 %** Densidad Seca Maxima, **1.897 g/cm<sup>3</sup>**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Los Hornos de San Pedro - Pisco de Morococha  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 JEFE



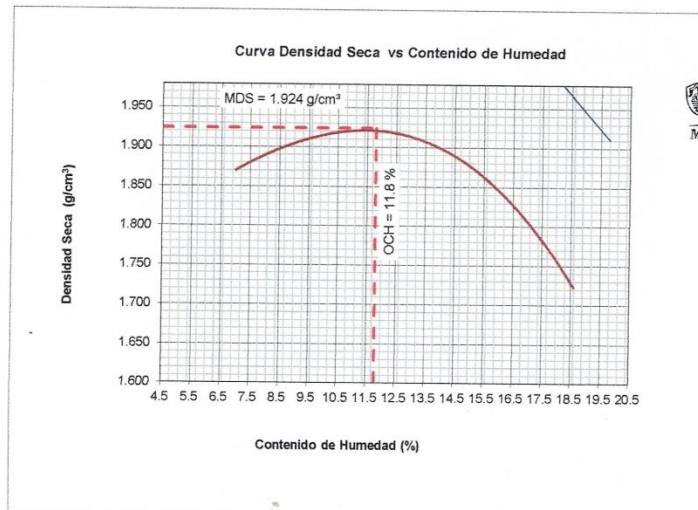
**PROCTOR MODIFICADO-EXPERIMENTAL-6%**

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH.GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"  
 MATERIAL : SUELO NATURAL  
 CALICATA : 1  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm <sup>3</sup>			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3870	3985	4020	3910
02 - Peso del Molde (g)	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1885.0	2000.0	2035.0	1925.0
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	942.2	942.2	942.2	942.2
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.001	2.123	2.160	2.043
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	520.0	670.8	750.0	562.2
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	490.5	612.2	661.5	484.2
09 - Peso del agua (g)	29.5	58.6	88.5	78.0
10 - Peso del tarro (g)	67.0	58.0	68.0	64.0
11 - Peso suelo seco (g)	423.5	554.2	593.5	420.2
12 - Contenido de Humedad (%)	7.0	10.6	14.9	18.6
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.870	1.919	1.880	1.723

Contenido Optimo Humedad **11.80 %** Densidad Seca Maxima, **1.924 g/cm<sup>3</sup>**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jara





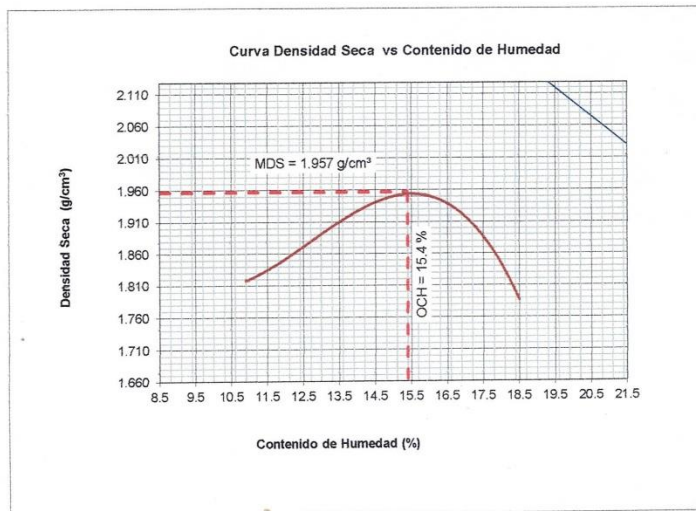
**PROCTOR MODIFICADO-EXPERIMENTAL-6%**

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH. GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE  
 MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO\*  
 MATERIAL : SUELO NATURAL  
 CALICATA : 2  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		
Energía de Compactación Standar		27.7 Kg.cm / cm <sup>2</sup>		
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3885	4010	4106	3980
02 - Peso del Molde (g)	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1900.0	2025.0	2121.0	1995.0
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	942.2	942.2	942.2	942.2
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.017	2.149	2.251	2.117
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	780.0	850.0	770.5	550.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	710.2	770.2	695.2	490.6
09 - Peso del agua (g)	69.8	79.8	75.3	59.4
10 - Peso del tarro (g)	68.0	167.0	204.0	169.7
11 - Peso suelo seco (g)	642.2	603.2	491.2	320.9
12 - Contenido de Humedad (%)	10.9	13.2	15.3	18.5
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.818	1.899	1.953	1.787

Contenido Optimo Humedad **15.40 %** Densidad Seca Maxima, **1.957 g/cm<sup>3</sup>**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Salar Jara**  
 JEFE



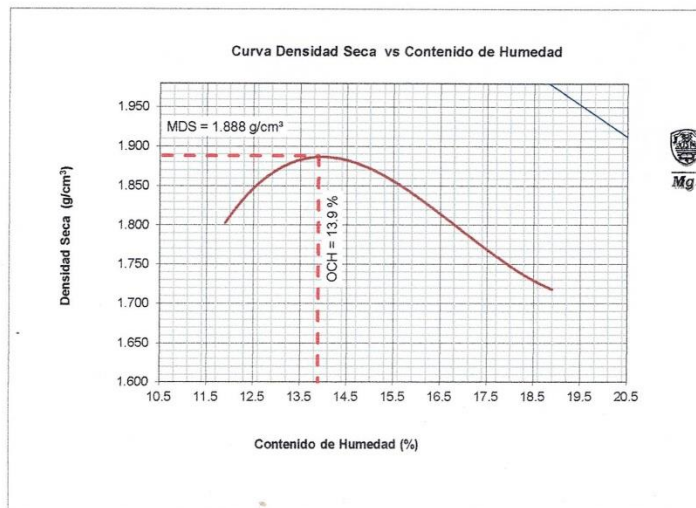
**PROCTOR MODIFICADO**

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH. GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO  
 MATERIAL : SUELO NATURAL  
 CALICATA : 1  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3886	3964	4012	3910
02 - Peso del Molde (g)	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1901.0	1979.0	2027.0	1925.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	942.2	942.2	942.2	942.2
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	2.018	2.101	2.151	2.043
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	700.0	700.0	700.0	744.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	632.0	628.0	616.0	658.0
09 - Peso del agua (g)	68.0	72.0	84.0	86.0
10 - Peso del tarro (g)	62.0	64.0	58.0	204.0
11 - Peso suelo seco (g)	570.0	564.0	558.0	454.0
12 - Contenido de Humedad (%)	11.9	12.8	15.1	18.9
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.803	1.862	1.869	1.718

Contenido Optimo Humedad **13.90 %** Densidad Seca Maxima, **1.888 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 (Calle Mecenas de Santos y Paseo de Matucanes)  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 I.E.T.E.

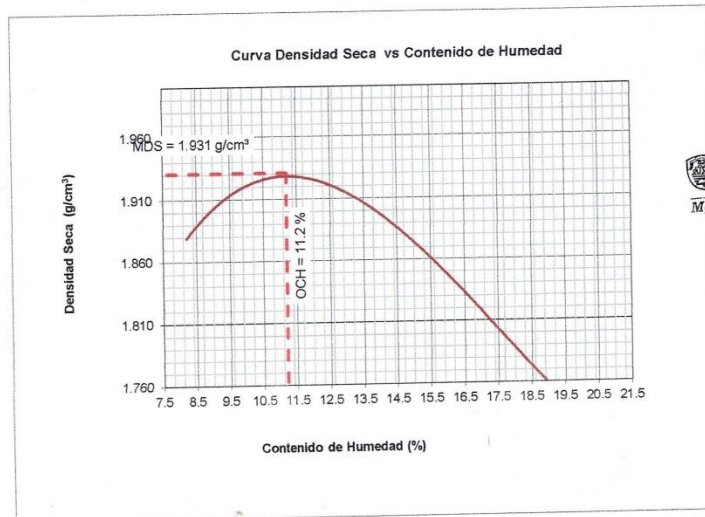


**PROCTOR MODIFICADO**  
NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH.GARCIA CRUZ BRYAN ALBERTO  
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CENIZAS DE CONCHA DE PATA DE MULA, CARRETERA LAREA - HORNILLOS, DISTRITO DE MORO"  
 MATERIAL : SUELO NATURAL  
 CALICATA : 2  
 LUGAR : MORO-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 23/03/2021

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		
Energía de Compactación Standar		27.7 Kg.cm / cm <sup>2</sup>		
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3900	3976	3999	3934
02 - Peso del Molde (g)	1985.0	1985.0	1985.0	1985.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1915.0	1991.0	2014.0	1949.0
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	942.2	942.2	942.2	942.2
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.033	2.113	2.138	2.069
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	700.0	700.0	700.0	700.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	652.0	642.0	610.0	608.0
09 - Peso del agua (g)	48.0	58.0	90.0	92.0
10 - Peso del tarro (g)	66.0	64.0	62.0	164.0
11 - Peso suelo seco (g)	586.0	578.0	548.0	444.0
12 - Contenido de Humedad (%)	8.2	10.0	16.4	20.7
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.879	1.921	1.836	1.714

Contenido Optimo Humedad **11.20 %** Densidad Seca Maxima, **1.931 g/cm<sup>3</sup>**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 JEFE