



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno – 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

**AUTORES:**

Maquera Flores, Clemer David

<https://orcid.org/0000-0002-6746-9976>

Aquino Chura, Yohel Wilson

<https://orcid.org/0000-0002-8054-9057>

**ASESOR:**

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio

<https://orcid.org/0000-0002-1968-9122>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA - PERÚ**

2021

### **Dedicatoria**

El presente trabajo se dedica a Dios, a nuestros padres y seres queridos; y en ella la capacidad de superación en cada paso por el camino de la vida llena de dificultades. Gracias a ellos que ayudaron a forjar las personas de ahora.

A nuestras amistades (Frank, Wilber, Luis y Renato) que gracias a sus apoyos y la motivación de seguir adelante con nuestros objetivos.

### **Agradecimiento**

Muchísimas gracias a nuestros padres por los consejos y su compañía que fueron los principales promotores a cumplir nuestros sueños.

Gracias a Dios, por la vida a nuestros padres, también bendice nuestras vidas y de los seres queridos.

## Índice de contenido

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenido .....	iv
Índice de tablas .....	vi
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	7
III. METODOLOGÍA .....	51
3.1. Tipo y Diseño .....	51
3.1.1. Tipo.....	51
3.1.2. Diseño.....	52
3.2. Variables de operacionalización.....	52
3.2.1. Variable 1: Cal y ceniza volante.....	53
3.2.2. Variable 2: Estabilización de suelos arcillosos.....	53
3.2.3. Matriz de operacionalización.....	53
3.3. Población, muestra y muestreo.....	53
3.3.1. Población .....	53
3.3.2. Muestra.....	54
3.3.3. Muestreo .....	55
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	55
3.4.1. Técnica .....	55
3.4.2. Instrumentos .....	56

3.4.3. Validez (por juicio de expertos):.....	56
3.5. Procedimientos.....	57
IV. RESULTADOS.....	63
4.1. Desarrollos del procedimiento.....	63
4.2. Interpretación de resultados.....	102
V. DISCUSIÓN .....	111
VI. CONCLUSIONES .....	115
VII. RECOMENDACIONES .....	118
REFERENCIAS.....	121
ANEXOS .....	126

## Índice de tablas

Tabla 1. Requerimientos Químicos de Ceniza Volante de acuerdo a ASTM C 618 .....	19
Tabla 2. Clasificación de suelos AASHTO .....	35
Tabla 3. Sistema unificado SUSCS .....	40
Tabla 4. Valores de carga unitaria.....	42
Tabla 5. Efectividad de los agentes estabilizadores.....	47
Tabla 6. Guía para la selección del tipo de estabilizador. ....	49
Tabla 7. Numero de ensayos y dosificaciones .....	54
Tabla 8. Validación,.....	57
Tabla 9. Requerimientos Químicos de Ceniza Volante de acuerdo a ASTM C 618 .....	58
Tabla 10. Porcentaje de suelo , ceniza volante y cal.....	59
Tabla 11. Suelos según el índice de plasticidad.....	61
Tabla 12. Combinaciones y/o mezclado.....	68
Tabla 13. Numero de briquetas por cada tipo de ensayo.....	70
Tabla 14. Resumen de resultados resistencia a la compresión no confinada. ....	83
Tabla 15. Resumen de los resultados entregados del laboratorio densidad seca c. ....	89
Tabla 16. Cbr al 100% de la MSD.....	96
Tabla 17. Resultados de límite de contracción.....	97
Tabla 18. Resultados de límites de atterberg.....	101
Tabla 19. Resultados de máxima densidad seca.....	103
Tabla 20. Humedad Óptima de Compactación.....	107

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Carretera con fallas en la superficie de rodadura.....	2
Figura 2. Carretera con baches en la vía mi realidad local.....	2
Figura 3. Resistencia a compresión a edades de 1 día y 3 días.....	16
Figura 4. Resistencia a compresión a edades de 7 día y 28 días .....	16
Figura 5. Cenizas de Carbón y molida .....	17
Figura 6. Proceso de Obtención de Carbón Pulverizado.....	23
Figura 7. Vista General de la Central Termoeléctrica ILO21 .....	26
Figura 8. Vista Interior de las Instalaciones de Central Termoeléctrica ILO2 .....	27
Figura 9. Vista de los Silos donde se Almacena la Ceniza Volante .....	27
Figura 10. Carta de Plasticidad .....	37
Figura 11. Principios de Compactación.....	41
Figura 12. Ubicación del estudio de tesis .....	63
Figura 13. Extracción de material calicata N° 3.....	64
Figura 14. Calicata N° 01 (extracción de material) .....	64
Figura 15. Calicata N° 02 (extracción de material). .....	65
Figura 16. Calicata N° 03 (extracción de material).....	65
Figura 17. Visita ala central termoeléctrica de Ilo 21.....	66
Figura 18. Obtención de la Ceniza Volante .....	67
Figura 19.Obtencion de la cal.....	67
Figura 20. Proporciones de suelo arcilloso más cal al 5% y ceniza volante de 10% .....	68
Figura 21. Proporciones de suelo arcilloso más cal al 5% y ceniza volante de 13% .....	69
Figura 22. Proporciones de suelo arcilloso más cal al 5% y ceniza volante de 16%. .....	69
Figura 23. Mezclado del suelo más cal y ceniza volante.....	70
Figura 24. Enrazado de la briqueta de Proctor modificado.....	71
Figura 25. Enrazado de la briqueta de Proctor modificado.....	71
Figura 26. Briquetas del ensayo de CBR .....	72
Figura 27. Briquetas del ensayo de CBR .....	72
Figura 28. Briquetas del ensayo de corte no confinada .....	73
Figura 29. Colocado de muestra en cuatro capas.....	74

Figura 30. Compactado en el molde. ....	74
Figura 31. Retirado la muestra y molde de la prensa. ....	75
Figura 32. Extracción de la muestra. ....	75
Figura 33. Pesado de muestra. ....	76
Figura 34. Colocado en la máquina de compresión. ....	76
Figura 35. Se observa la falla de la briqueta. ....	77
Figura 36. Espécimen A 1.91 kg/cm <sup>2</sup> . ....	77
Figura 37. Espécimen B esfuerzo 1.83 kg/cm <sup>2</sup> ....	78
Figura 38. Espécimen C esfuerzo 1.82 kg/cm <sup>2</sup> . ....	78
Figura 39. Espécimen A esfuerzo 2.98 kg/cm <sup>2</sup> . ....	79
Figura 40. Espécimen B esfuerzo 3.85 kg/cm <sup>2</sup> . ....	79
Figura 41. Espécimen C esfuerzo 4.64 kg/cm <sup>2</sup> . ....	80
Figura 42. Espécimen A esfuerzo 5.55 kg/cm <sup>2</sup> . ....	80
Figura 43. Espécimen B esfuerzo 5.56 kg/cm <sup>2</sup> . ....	81
Figura 44. Espécimen C esfuerzo 5.98 kg/cm <sup>2</sup> . ....	81
Figura 45. Espécimen A esfuerzo 11.05 kg/cm <sup>2</sup> ....	82
Figura 46. Espécimen B esfuerzo 7.66 kg/cm <sup>2</sup> . ....	82
Figura 47. Espécimen C esfuerzo 8.63 kg/cm <sup>2</sup> ....	83
Figura 48. Dividido de la muestra en 5 partes iguales. ....	84
Figura 49. Compactando con pisón 56 golpes. ....	85
Figura 50. Enrase de molde parte superior. ....	85
Figura 51. Pesado de muestra en la tara para el contenido de humedad. ....	86
Figura 52. Colocado al horno de las taras para el contenido de humedad. ....	86
Figura 53. Relación humedad vs peso unitario para suelo natural. ....	87
Figura 54. Relación humedad vs peso unitario para dosificación 2. ....	87
Figura 55. Relación humedad vs peso unitario para dosificación 3. ....	88
Figura 56. Relación humedad vs peso unitario para dosificación 3. ....	88
Figura 57. Pesado del molde de cbr. ....	90
Figura 58. Colocado de papel filtro en base. ....	91
Figura 59. Golpeado a caída libre cbr. ....	91
Figura 60. Enrase con regla metálica. ....	92
Figura 61. Colocado de papel filtro parte superior. ....	92
Figura 62. Moldes listos para sumergir al agua. ....	93



Figura 63. Sumergido el agua el CBR.....	93
Figura 64. Penetración del CBR.....	94
Figura 65. Peso unitario seco vs CBR para 0%C + 0% CV.....	94
Figura 66. Peso unitario seco vs CBR para 5%C + 10%CV.....	95
Figura 67. Peso unitario seco vs CBR para 5%C + 13% CV.....	95
Figura 68. Peso unitario seco vs CBR para 5%C + 16%CV.....	96
Figura 69. Colocado de la muestra a la cuchara de Casagrande.....	98
Figura 70. Abriendo la ranura con el acalanador.....	99
Figura 71. Cuchara de Casagrande. ....	99
Figura 72. Elaboración de los rollizos en base de vidrio. ....	100
Figura 73. Se aprecia los rollizos. ....	100
Figura 74. Limite líquido vs dosificación.....	101
Figura 75. Límite líquido vs dosificación.....	102
Figura 76. Esfuerzo vs dosificación.....	102
Figura 77. Densidad máxima seca vs dosificación.....	104
Figura 78. Dosificación vs CBR.....	105
Figura 79. Límite de contracción vs dosificación.....	106
Figura 80. Humedad optima vs dosificación.....	107
Figura 81. Índice de plasticidad vs dosificación.....	108

## Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu. Tipo de investigación cuantitativa y aplicada, el diseño de investigación fue cuasi – experimental, La población fue suelos arcillosos de la carretera vecinal Acora – Jayujayu, La muestra estuvo constituida por el tramo de la carretera del Km17+600 al Km19+600 (2.1km), Muestreo fue de tipo no probabilístico. Los principales resultados fueron para el suelo natural; resistencia al corte no confinado 1.85 Kg/cm<sup>2</sup>, DMS 18.55kN/m<sup>3</sup>, CBR al 100% MDS es 28%, límite de contracción 29%, humedad optima 11.55%, Índice Plástico de 15.56%. Dosificación 5%C+16%CV que presento los mejores resultados tales como; resistencia al corte no confinado 9.11 Kg/cm<sup>2</sup>, DMS 19.30kN/m<sup>3</sup>, CBR al 100% MDS es 87%, límite de contracción 8%, humedad optima 14.90%, Índice Plástico de 5.14%. Llegando a la conclusión general que al adicionar cal más ceniza volante en diferentes proporciones presenta una mejoría en comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas para conformaciones de afirmados. Siendo la mejor dosificación (5%C+16%CV) que presento mejores resultados.

**Palabras claves;** Estabilización de suelos, cal, ceniza volante, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

## Abstract

The objective of this research work was to determine to what extent the addition of lime and fly ash influences the stability of clay soils on local roads, modified with lime and fly ash, on the Acora - Jayujayu highway. Type of quantitative and applied research, the research design was quasi - experimental, The population was clay soils from the Acora - Jayujayu neighborhood road, The sample consisted of the section of the road from Km17 + 600 to Km19 + 600 (2.1km ), Sampling was non-probabilistic. The main results were for the natural soil; resistance to unconfined shear 1.85 Kg / cm<sup>2</sup>, DMS 18.55kN / m<sup>3</sup>, CBR at 100% MDS is 28%, shrinkage limit 29%, optimum humidity 11.55%, Plastic Index of 15.56%. Dosage 5% C + 16% CV that presented the best results such as; resistance to unconfined shear 9.11 Kg / cm<sup>2</sup>, DMS 19.30kN / m<sup>3</sup>, CBR at 100% MDS is 87%, shrinkage limit 8%, optimum humidity 14.90%, Plastic Index of 5.14%. reaching the general conclusion that adding lime plus fly ash in different proportions presents an improvement in the behavior of physical and mechanical properties for affirmed conformations. Being the best dosage (5% C + 16% CV) that gave the best results.

**Keywords;** Soil stabilization, lime, fly ash, physical properties, mechanical properties.

# **I: INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

“En la actualidad, las construcciones de carreteras son primordiales en nuestras vidas siendo estas muy necesarias y preferentes, facilitando la conexión de la población con los mercados y así reducir los costos en el transporte de cargas y personas” (Torres, 2017 pág. 40).

Así mismo, a nivel mundial, cabe precisar que el tema de estabilización de suelos arcillosos de los caminos vecinales es de mucha consideración, como lo indican (Behak , y otros, 2008), realizaron una investigación de suelos arcillosos provenientes de Montevideo, Uruguay, estabilizando con ceniza de cascara de arroz y cal para el uso en pavimentos, el resultado que se obtuvo fue el incremento en el CBR. Con relación al del suelo (pág. 34)

De esta manera nuestro país no es ajeno a este tipo de investigaciones, por ello, es conveniente tomar en cuenta lo indicado por. (Guillen Quintanilla, 2018) que realizo la estabilización con cal en suelos arcillosos para la autopista puno-juliaca, el resultado que obtuvo con la adición de cal con un 6% mejoro significativamente las propiedades mecánicas del suelo. (pág. 11)

A nivel nacional la estabilización de suelos para las construcciones de carreteras con pavimentos rígidos y flexibles, en terrenos de fundación de una mínima capacidad portante, deben cumplir con los parámetros necesarios según el (EG -, 2013 pág. 797). Por otro lado, es necesario resaltar que las vías vecinales en nuestro país, según el registro del (SINAC) hasta julio del 2012 indica que las vías vecinales que conectan todos los centros poblado representan un 62.90% de las carreteras del Perú, por esta razón es necesario prestarle mayor atención a este tipo de vías. (pág. 1)

En la actualidad la vía vecinal distrito de Acora – centro poblado de Jayujayu se viene presentando problemas en la superficie de rodadura ya que se ve reflejado a causa del tipo de suelo (arcilloso) y la baja capacidad portante. Se presenta debido al asentamiento y mala compactación, produciendo bacheos e imperfecciones sobre la superficie de rodadura que perjudica directamente al poblador rural en su condición de Agricultor, dificultando el traslado de sus productos, incrementando el tiempo y elevando el precio del transporte colocando al agricultor en riesgo de

perder la producción por su tardía llegada a los mercados, una alternativa de solución, debido a las aplicaciones utilizadas en el país es mediante la combinación de ceniza volante y cal para así estabilizar el suelo y poder dar una solución técnica y también económica al problema de compactación, Así no se llegue a tener problemas y/o limitaciones en el futuro.

De acuerdo con el contexto, es necesario determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, acora, puno 2021.



*Figura 1. Carretera con fallas en la superficie de rodadura*



*Figura 2. Carretera con baches en la vía mi realidad local*

**El problema general,** Se formuló de la siguiente manera, ¿En qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, acora, puno 2021? **Y los problemas específicos son:** ¿En qué medida influye la adición de cal y ceniza volante en la resistencia a la compresión no confinada de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021?; ¿En qué medida influye la adición de cal y ceniza volante en la máxima densidad seca de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021?; ¿En qué medida influye la adición de cal y ceniza volante en el CBR de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021?; ¿En qué medida influye la adición de cal y ceniza volante en los límites de contracción de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021?; ¿En qué medida influye la adición de cal y ceniza volante en la humedad optima de compactación de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021?; ¿En que medida influye la adición de cal y ceniza volante, en los límites de Atterberg en suelos arcillosos, carretera Acora – Jayujayu, puno 2021?.

**La justificación social,** Debido al crecimiento socioeconómico en el Centro Poblado de Jayujayu, se requieren la construcción de nuevas vías de comunicación y la incrementación de la vía existente, la cual es promovida por el gobierno local, regional y central. En el presente trabajo de investigación se busca resolver el nivel de impacto que se alcanzaría en la sociedad al emplear la estabilización mixta (cal y ceniza volante en vista que actualmente se sigue conservando las técnicas fundamentadas en métodos antiguos. Los conocimientos alcanzados en mencionada investigación fueron de mucha utilidad para su aplicación en estabilización de suelos, ya que esto conlleva a perfeccionar la calidad de vida del poblador rural en su condición de agricultor, ya que se ve dificultado a la hora trasladar sus productos, incrementando en tiempo y precio del transporte colocando al agricultor en situación de riesgo de perder la producción por su tardía llegada a los mercados. **La justificación práctica.** La carretera Acora - Centro Poblado de Jayujayu, en la actualidad en condición de carretera vecinal, la adición de cal y ceniza volante nos favoreció ya que la capacidad portante del suelo incremento su resistencia y solidez, así mismo se estará puliendo con un ciclo de tiempo definido

para así eludir problemas en lo posterior, por ello se está realizando la estabilización química (cal y ceniza volante) y se determinó sus proporciones para así potenciar el CBR del suelo. **La justificación teórica;** de esta investigación correspondió a la adición de cal y ceniza volante mediante un método químico. Con el objetivo de mejorar el suelo, no obstante, para la investigación se obtendrán ensayos, para brindar el buen funcionamiento en dicha carretera, el presente trabajo está realizando tres calicatas del suelo y analizar en el laboratorio adicionando los agentes químicos para que cumplan con las especificaciones del manual EG – 2013 de tal manera que permita una buena conformación del suelo. De la misma manera se realizó los ensayos para llegar a saber los resultados finales correspondiente al mejoramiento del suelo, el beneficio fue dar facilidades del transporte de productos agrícolas que producen en la zona.

De la misma manera se realizaron los ensayos para llegar a saber los resultados finales correspondiente al mejoramiento del suelo

**Objetivo general** Es determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, acora, puno 2021. **y los objetivos específicos son:** Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación con la Resistencia a la compresión no confinada en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021; Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación con la máxima densidad seca en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021; Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación el CBR en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021; Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación los límites de contracción en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021; Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación a la humedad óptima de compactación en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021; Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación con



los Límites de Atterberg en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021.

**La Hipótesis General.** La adición de cal y ceniza volante influye significativamente en la estabilidad de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021. **Y las Hipótesis específicas.** La adición de cal y ceniza volante mejora significativamente en la Resistencia a la compresión no confinada en suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021 ;La adición de cal y ceniza volante mejora significativamente en la máxima densidad seca en suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021 ; La adición de cal y ceniza volante aumenta significativamente en el CBR de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021; La adición de cal y ceniza volante mejora los límites de contracción de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021; Con la adición de cal y ceniza volante varía la humedad óptima de compactación en suelos arcillosos para la carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021; La adición de cal y ceniza volante reduce la plasticidad y la expansión en suelos arcillosos en los caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021.

## **II: MARCO TEORICO**

## II. MARCO TEÓRICO

En los trabajos previos como **antecedentes Internacionales**, Según (Parra Gomez , 2018) en su investigación, **Titulado:** “*Estabilización de suelos con cal y ceniza volante*” tuvo como **objetivo** de investigación: realizar la estabilización *química de un suelo usando cal y ceniza volante* .Fue de **diseño:** Experimental, **la Población** fue desarrollada en Colombia y **muestra:** fue un suelo conformado por limos de alta plasticidad, **Resultados** obtenidos: de **resistencia al corte no confinada** : dosificación 1 (0%Cal) = 0.69 kg/cm<sup>2</sup> , dosificación 2 (2%Cal) = 1,10 kg/cm<sup>2</sup>, dosificación 3 (4%Cal) = 2,62 kg/cm<sup>2</sup>, dosificación 4 (6%Cal) = 1,04 kg/cm<sup>2</sup>, dosificación 5 (8%Cal) = 1,96 kg/cm<sup>2</sup>.

Según (Gonzales Guerra, 2014) en su investigación, **Titulado:** “*Estabilización mecánica de suelos cohesivos a través de la utilización de cal - ceniza volante*” tubo como **objetivo** de investigación: Determinar la factibilidad de la estabilización de suelos cohesivos por medio de ceniza volante y cal. Fue de **diseño:** Experimental, **la Población** fue desarrollada en Guatemala y **muestra:** fue un suelo conformado por limos de alta plasticidad, **Resultados** obtenidos: de **límites de atterberg** con la muestra 1 (LL de 62.14%; IP de 27.64%), la muestra 2 (LL de 50.58%; IP de 11.90%) y muestra 3 (LL de 43.67%; IP de 11.21%), **CBR** muestra 1 a 65 golpes se obtuvo la resistencia de 20.05%, muestra 2 a 65 golpes se obtuvo la resistencia de 75.70% y la muestra 3 a 65 golpes se obtuvo la resistencia de 81.66%, la **humedad optima** es < en la muestra que comprende más cantidad de ceniza volante ya que la ceniza se encuentra pre hidratada. Se **concluyó** en que la cal y la ceniza volante en las carreteras es un producto innovador ya que sirve para trabajar los suelos de la estructura de pavimento, ya que la utilización de cal y ceniza volante es eficiente para estabilizar y mejora de hasta 4 veces el valor inicial del CBR a un 95%.

Según (Cañar Tibiano, 2017) en su investigación, **Titulado:** “*Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*” tuvo como **objetivo** Determinar resultados de la resistencia al corte de los suelos arcillosos y arenosos adicionadas y analizar el comportamiento mecánico de la estabilización del suelo Fue un **tipo y nivel de**

**investigación:** Exploratorio, descriptivo, explicativo de tipo experimental, **la Población** fue desarrollada en los suelos del Ecuador, **muestra:** tomo muestras en diferentes kilómetros: la muestra 1 suelos arenoso fino (420.9kg). La muestra 2 suelo arcilloso es de (421.7Kg), **Resultados** obtenidos: de **límites de atterberg** con la muestra 1 para arena limosa (LL de 22.13%; LP de 19.38%), muestra 2 para arcilla de alto contenido plástico (LL de 85.15%; LP de 65.28%), el **Proctor modificado** para la muestra 1 arena limosa (**densidad seca máxima** 1.55gr/cm<sup>3</sup>) y **contenido de humedad óptima** (13.40%), para la muestra 2 arcilla de alto contenido plástico (densidad seca máxima 1.300gr/cm<sup>3</sup>) y contenido de humedad óptima (26.60%). El ensayo **CBR** muestra 1 arena limosa (15.30%) y para la muestra 2 arcilla de alta plasticidad (9.3%). Resistencia al corte muestra 1 arena limosa (0.307Kg/cm<sup>2</sup>) y la muestra 2 arcilla de alta plasticidad (0.125Kg/cm<sup>2</sup>). Se **concluyó** que al combinar la ceniza de carbón, mejora en suelos arcillosos formando una masa compacta y mejorando la compactación por consiguiente mejora su CBR y la resistencia al corte, también aumenta notablemente las propiedades físicas de los suelos arcillosos, baja o resta la humedad en las arcillas.

Según (Gabilanes Bayas, 2015) en su investigación, **Titulado:** “Estabilización y mejoramiento de subrasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de Santos Pampa Barrio Colinas del Sur” tuvo como **objetivo** Evaluar y ver la mejora de las propiedades mecánicas y físicas del suelo modificado con la adición de cal y cemento utilizando diferentes porcentajes **tipo y nivel de investigación:** científica, **la Población** fue desarrollada en Ecuador, **muestra:** para iniciar la investigación se ha obtenido la muestra de puntos distintos de la calle en las progresivas 00+150 y progresiva 00+50 **Resultados** obtenidos: de límites de **atterberg** (2% Cemento) IP= 4, (4% Cemento) IP= 1, (6% Cemento) IP= 3, (6% Cemento) IP= 4, y para la cal (0%cal) = 33.62, (2%cal) = 26.58, (4%cal) IP = 26.81 (6%cal) IP = 22.89, (8%cal) IP = 20.79, (10%cal) IP = 19.12, el Proctor modificado (**densidad seca máxima**) (0% de Cemento) DMC =1,705 g/cm<sup>3</sup>, (2% de Cemento) DMC =1,471 g/cm<sup>3</sup>, (4% de Cemento) DMC =1,374 g/cm<sup>3</sup>, (6% de Cemento) DMC =1,409 g/cm<sup>3</sup>, (8% de Cemento) DMC =1,439 g/cm<sup>3</sup>, y **contenido de humedad óptima** (0% de Cemento) CHO =16.73%, (2% de Cemento) CHO =18.60%, (4% de Cemento) CHO =18.2%, (6% de Cemento) CHO =18.6%, (8% de Cemento) CHO

=19.00%. Se **concluyó** que la combinación de cemento cal aumenta en el CBR del suelo de manera significativa y disminuye la plasticidad en los suelos

Según (Perez Rojas, y otros, 2018) en su investigación, **Titulado:** “*Análisis Experimental De La Expansividad En Suelos Bentoníticos*” tuvo como **objetivo** Analizar la susceptibilidad a cambios volumétricos de suelos bentoníticos mediante diferentes ensayos de laboratorio. **tipo y nivel de investigación:** científica, **la Población** suelos arcillosos de Colombia **muestra:** suelos arcillosos(bentonita), **Resultados** obtenidos: de límites de **atterberg** 25% Bentonita LL = 412.0%, LP = 30.70%, IP = 382.30%; 50% Bentonita LL = 352.0%, LP = 31.90%, IP = 320.10%; 75% Bentonita LL = 210.0%, LP = 40.00%, IP = 170.0%; 100% Bentonita LL = 110.0%, LP = 45.90%, IP = 64.1%; **Limite de Contracción**, 25% Bentonita LC = 11.8; 50% Bentonita LC = 28.10%; 75% Bentonita LC = 34.80%; 100% Bentonita LC = 52.60%. Se **concluyó** que ah mayor cantidad de arcilla (bentonita) los limites atterberg se incrementa al igual que los límites de contracción.

En los trabajos previos como **antecedentes Nacionales**, (Guillen Quintanilla, 2018) en su investigación, **Titulado:** “*Estabilización con la adición de cal a los suelos de la cantera ventanilla del Km 45+000 de la construcción de la autopista puno – Juliaca*” tuvo como **objetivo** de investigación: Efectuar el proceso de estabilización de suelos de la cantera adicionando cal para la construcción de la autopista. Fue un **tipo y nivel de investigación:** enfoque cuantitativo de nivel experimental tipo aplicado, **la Población** fue realizada en la autopista Puno - Juliaca **muestra:** se tomó una muestra de tipo granulométrica, se convino con otro distinto material que no tiene dichas características, para se tomó 5 muestras de la cantera ventanilla y 5 calicatas con. **Resultados** obtenidos: Del contenido de **humedad natural** se encuentra entre 8.12% a 23.63%. Los valores alcanzados en los ensayos límites de consistencia el valor de **Índice Plástico** de suelos estabilizados al adicionar 6% de cal se tiene el valor 7.67%. el resultado de la densidad seca con 6% de cal alcanza un valor de 1.867gr/cm<sup>3</sup>. El resultado del CBR al 100% con adición del 6% de cal es de 68.40%. Se **concluyó** que los procesos de estabilización adicionando cal de 3%, 6%, 9%, 12% y 15%, en todas esas proporciones de adición se ha concluido la mejora de las propiedades mecánicas de los suelos, la adición del 6% es la que más resultados favorables, satisfactorios obtuvo.

Según (Gonzales Carpio, 2018) en su investigación, **Titulado:** “Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para subrasante mejorada para pavimentos en la ciudad de puno” tuvo como **objetivo** Evaluar de qué forma es el comportamiento al aplicar cemento y cal para así estabilizar un suelo al emplear en material de subrasante. Fue un **tipo y nivel de investigación:** enfoque cuantitativo nivel de investigación cuantitativo tipo cuasi experimental, **la Población** a estudiar son las obras viales Puno **muestra:** Se tomaron muestras para suelos estabilizados y suelos sin estabilizar la cantidad de muestras a utilizar es de criterio no probabilístico. Con **Resultados** obtenidos: De los límites de Atterberg (LL es 42.16%, LP es 34.60%). Del contenido de humedad óptimo se encuentra entre 9.69%. El valor de la máxima densidad seca de los suelos estabilizados con 2.122gr/cm<sup>3</sup>. El valor alcanzado del CBR al 97.20%. Se **concluyó** Se llega a la conclusión que, al combinar la ceniza volante, cal y cemento y el suelo arcilloso, reduce el impacto de la plasticidad, y aumenta la máxima densidad seca por lo tanto mejora significativamente la resistencia del material del suelo

Según (Palli Apaza, 2015) en su investigación, **Titulado:** “Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román” tuvo como **objetivo** Determinar el efecto del suelo estabilizado con cal en propiedades mecánicas en suelos plásticos y realizar una guía para estabilizar caminos vecinales. Fue un **tipo y nivel de investigación:** de tipo experimental, **la Población** en esta investigación está constituida por las canteras de suelos plásticos. La muestra se determinó a criterio no probabilístico. con **Resultados** obtenidos: El valor alcanzado de los límites de Atterberg para la muestra 1 (IP de 1.19% agregando 10% de cal) muestra 2 (IP de 0.02% agregando 10% de cal). El valor alcanzado del ensayo de Proctor Modificado muestra 1 (densidad seca máxima 2.08gr/cm<sup>3</sup>), contenido de humedad óptimo de (10.30%). El valor alcanzado de **CBR** para la Dosificación suelo natural al 100% de la MDS = 8%, cal 2% = 31, cal 4% = 59% al 6% = 63% **concluyó** Que la cal si mejora la estabilización de suelos y mejora con múltiples beneficios en las propiedades mecánicas del suelo usado de las canteras.

A continuación, se detallan todas las **teorías** relacionadas al tema, se definirá las variables con un enfoque hacia las dimensiones de las mismas, en este caso son; la mecánica de los suelos, granulometría; ensayo de asentamiento; ensayo de resistencia a la compresión.

**Agentes Estabilizantes.** (Suarez Diaz, 2012) los agentes estabilizantes como compuestos que contienen las cenizas volantes son sílica y aluminio, estos materiales al ser combinados con agua y cal hacen que se forme un material sólido, las cenizas son obtenidas producto del quemado del carbón que forma residuos minerales. La determinación del diseño de combinación con cenizas establece que la óptima cantidad contenida de finos que puede llegar a producir las mejores resistencias de la densidad máxima del suelo. Se sugiere como primera adición utilizar el 10% de cenizas y seguidamente realizar ensayos entre 10% y 20% de adición.

Álvarez J. (2010), la adición de cal en suelos cohesivos y arcillosos disminuye notablemente su plasticidad, por lo cual su trabajabilidad incrementa en los trabajos de construcción y aporta buenas condiciones de trabajo para las herramientas de construcción en obra. El cemento también es empleado en la estabilización y la mezcla directamente se utiliza con el suelo, con determinadas proporciones convenientemente se utiliza pulverizado con cemento y agua para seguidamente compactarlo y se realiza el curado para la obtención de una mayor densidad. Cualquier tipo de cemento se puede utilizar para la estabilización del suelo, sin embargo, lo común que mayormente se utiliza es el cemento de tipo I, que además permite que la mezcla del suelo – cemento pueda llegar a adquirir mayor resistencia porque contiene el sulfato de calcio y el aluminato tricálcico. Así mismo el cemento es utilizado en el asfalto para llegar a una mezcla de emulsión asfáltica óptima, del suelo fino, grava y arena natural de una granulometría parecida o similar a la subbase, agua y de a veces esporádicamente aditivos, el producto de la mezcla se utiliza en diferentes capas para la conformación de base en las carreteras.

**Ceniza Volante de Carbón,** A partir de los años 70 comenzaron la limitación para el suministro de las primeras materias energéticas emergentes, colocaron su publicación, Alcanzando casi en todas las áreas de la superficie de la tierra, por una necesidad de producir la energía eléctrica y así evitar la dependencia del petróleo.

Entre los años 1975 y 1985 en esta década se duplicó el uso del carbón en los países desarrollados en su mayoría (Pérez Collantes, 2012).

(Umaña Peña, 2002), Formula que al generar energía eléctrica con la combustión del carbón genera principalmente dos tipos de variedad de residuos macizos: Las cenizas volantes, son obtenidas mediante la precipitación electroestática y para la producción se utiliza un mecanismo de polvo suspendido en la combustión de los gases, las cenizas de hogar principalmente se diferencian por que caen por gravedad y su tamaño. La cantidad de producción de los residuos de la ceniza volante es mucho mayor que a las cenizas de hogar, alcanzando un 80% mayor de obtención de total de residuos que puede generar una central eléctrica.

(Hausman, 1990), para mejorar el suelo en zonas donde se puede apreciar la presencia de arcillas con baja capacidad de soporte o compresible, este tipo de suelo arcillosos comúnmente en proyector de ingeniería se elimina y se reemplaza con suelos que tengan mejores propiedades mecánicas y físicas u otros componentes, así como: piedra triturada, grava arenosa compactada, agregados livianos con fin de aumentar su capacidad portante.

Kukko (20 00), Una buena alternativa solución a esto es que, generalmente presenta inconvenientes por un alto costo económico debido al tipo material de remplazo. El uso de la utilización de aditivos, causados por la quema y/o combustión del carbón, como es la ceniza volante se considera mucho más rentable económicamente. Resulta mejoras en la ingeniería con adecuar las propiedades, al realizar un tratamiento del suelo de fundación.

En los países desarrollados como EE.UU., y de continente europeo como; India, Japón y China entre otros, las reacciones de la quema carbón, se obtiene de productos secundarios, producto de la combustión del carbón que llegan a utilizarse en múltiples aplicaciones (IEA, 2013). De acuerdo al grupo American Coal Ash Association (ACAA), en 2018 se llegaron a generar más de 121,000,000 Tn de los productos de la quema y/o combustión del calor (PCC) se tiene que 246, 000.00 Tn obtuvieron de cenizas volantes y 362,000.00 fueron residuos de fondo de la ceniza.

(Pérez Collantes, 2012), en el Perú el consumo de carbón se comenzó a los inicios del siglo XXI (2000), con la central térmica que funciona a vapor ubicada en Ilo de



nombre (ILO21 de Ener Sur), esta es la única central termina en el Perú que utiliza este tipo de material para producción de la energía. La energía que se llegó a producir el año 2002 es de 845,9 GWh (0.363 t/MWh), y esto representaría el 21,5% de la generación de energía por las centrales térmicas y el 3,8% de toda la energía nacional que se produce represento. Por lo que el consumo del material (carbón mineral) en el año 2002 se llegó a incrementar incrementó a 307,660 Tn para la producción de la energía eléctrica.

**Ceniza Volante**, mediante la Norma (ASTM C593-95) de llega a determinar que la ceniza volante es como un residuo, que finalmente es material se produce producto de la combustión del carbón en forma de polvo, esto viaja a través de la caldera por la combustión de gases.

Las cenizas pueden llegar a variar sus propiedades físicas y químicas por método de combustión que se utilizara y que llegara a ser parte de las cenizas volantes sus partículas quemadas.

En relación con el contexto, la proveniencia de los carbones se puede producir de diferentes formas y/o fuentes que al ser quemados o combustionados producen una variedad de características y estas diferencias hacen que al momento de la aplicación de la ceniza volate como alternativa de la estabilización del suelo influya en su eficacia. Esta variedad de cenizas volantes se puede clasificar en:

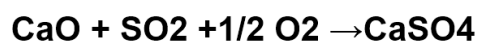
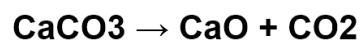
El carbón sub-bituminoso, bituminoso y de antracita. Cada tipo de carbon tiene una variedad de características tanto físicas y químicas, se puede apoyar según el contenido de carbón, dureza y su edad geológica del suelo.

Este separado de la norma (ASTM C593-95) contiene una básica información que es relacionada con la ceniza volante en su estructura, con esto ayudaría a ilustrar los valores de rango en sus propiedades del material que puede llegar a tener.

En la actualidad las tecnologías más importantes que se están utilizando para la generación de energía son: combustión de fondo fluido (FBC), y carbón pulverizado (PC). En cuanto al conocimiento técnico del PC esto es el más común usado, se refiere al tipo y/o método de combustión que llegara a utilizar el carbón en el proceso de desintegración fina. De este modo el método de pulverización del carbón llegue a ser muy fina que se procesa mediante la molienda y la ceniza se

forma en la cámara de combustión, mientras va ocurriendo el proceso de combustión del carbón, (Undeerc, 2007).

El resultado de la producción de material de cenizas volantes representa el 65% a 85% y la materia sobrante en el fondo es de cenizas y residuos de la caldera. Mientras que el otro conocimiento técnico FBC lo principal que utiliza es la caldera de carbón, es el lugar en donde el carbón llevara cabo la quema o combustión, al ser mezclado el carbón con un material absorbente, así como por ejemplo la piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), Dolomita y/o material de fondo. Al aplicar este método de combustión es muy económico para así a partir del carbón se pueda llegar a obtener la energía que tendrá un alto contenido de azufre y de esta forma se estará conservando el medio ambiente de manera cuasi aceptable. Para mezclar el material combustible, el fondo se vuelve fluido en el proceso de combustión para así permitir la eliminación del gas azufre y completar la combustión. en este tipo de proceso la emisión del carbón que contiene dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) que posteriormente se ira convirtiendo en sulfato de cálcico ( $\text{CaSO}_4$ ) Anthony et al., 2003.



**Aplicación de la Ceniza Volante,** (DAvidovits, 1993), Para el desarrollo de estos sistemas de activación alcalina basados en caolin<sup>5</sup> y Metacaolin<sup>6</sup>, las mezclas de este aluminio-silicato sodio, es una solución determinante altamente alcalina que es constituido con hidróxidos y silicatos que produce un material sintético, los gepolimeros tiene unas propiedades de ligantes que al ser adicionados a otra especies y disueltas genera la activación alcalina polimerizada, de esta manera se llega producir la red tridimensional imperfecta de los aluminosilicatos, que su endurecimiento rápido hace presentar que las propiedades mecánicas incrementen y sean buenas.

(Sobhan, y otros, 2003) Indica los métodos para la adhesión y la cohesión para así llegar a formar una masa es por cenizas de carbón activadas, son menos aptos para formar esparcimiento en relación al álcali-sílice del cemento Pórtland.

Según ( Lodeiro Garcia, y otros, 2007) ha llegado a alcanzar unas resistencias de 7000kPa con proporciones de: 10% de cemento, 10% de ceniza de carbón y 80% de suelo. Ryu, Lee, Koh, & Chung (2013) Menciona que las cenizas de carbón al trabajar con este tipo de material se puede obtener un material solido que puede llegar a sustituir al cemento Portland al realizar una activación con alcalina.

(Robayo Nuñez, 2013) menciona que, la materia inservible emitida por el humo de sílice, son escorias que tienen una resistencia superior al horno de cenizas de carbón, los cuales para la producción de los materiales y su seguida aplicación en el mundo de la construcción se viene realizando un estudio como alternativas de remplazo al cemento convencional, se ha realizado estudios y indagaciones para las diferentes valoraciones de las propiedades de los materiales.

(Robayo Nuñez, 2013) señala que una forma de poder experimental en la elaboración de una variedad de doce cementos, los cuales tomando una clase de cemento base y con dos muestras de ceniza carbón, que han sido extraídas de industria ladrilleras, el peso para la adición y su posterior combinación con la ceniza es (5%, 10%, 15%, 20%, 30% y 40%), con estas proporciones se realizó pruebas físicas y químicas con lo cual así llegar a determinar los cementos a usar y especificar los agregados.

Todo este estudio realizado ha revelado que al añadir una proporción de ceniza carbón, el cemento tipo I u otros llegara a mejorar su resistencia mecánica en comparación con los requisitos mínimos que exigen la normativa del cemento tipo I, mejora la resistencia mecánica, siempre referenciándose a la Norma Técnica Colombiana, de la misma forma, se comprobó que la adición de la ceniza al cemento otorga que en su momento de la elaboración del concreto la calor de hidratación reduzca y un incremento de agua. Obteniendo resistencias a diferentes tiempos de: 1, 3, 7, y 28 días, se obtuvo resultados de 7.8 MPa y 40.0 MPa, que se evidencia en las Figuras N° 3 y 4, a continuación, se muestra.

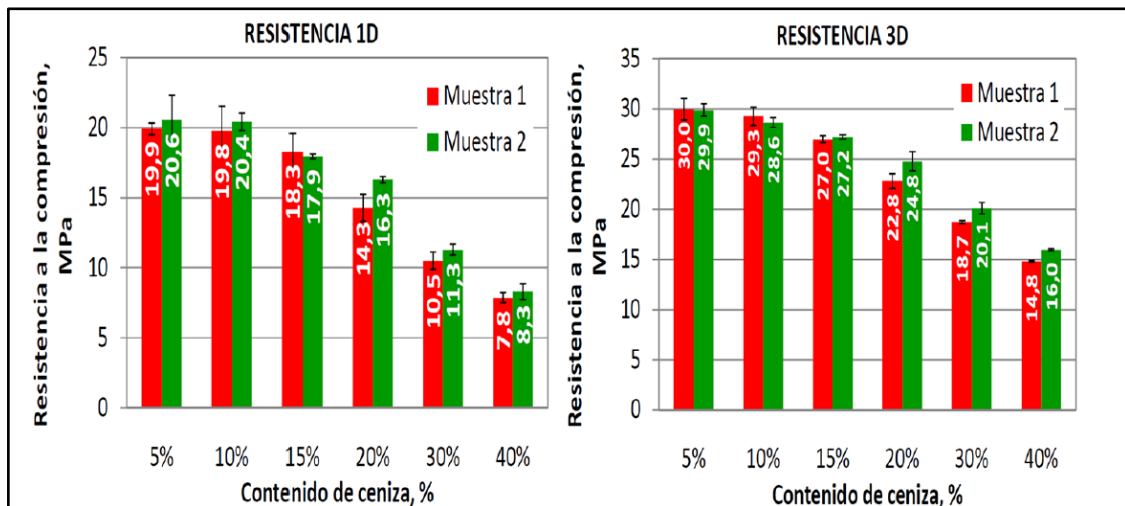


Figura 3. Resistencia a compresión a edades de 1 día y 3 días

Fuente: (Barrera Quijano, 2010)

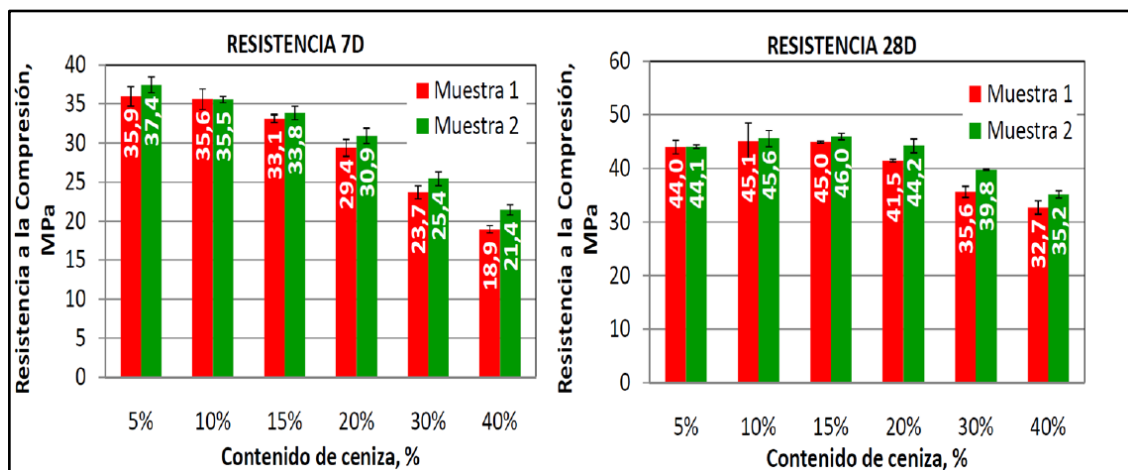


Figura 4. Resistencia a compresión a edades de 7 día y 28 días

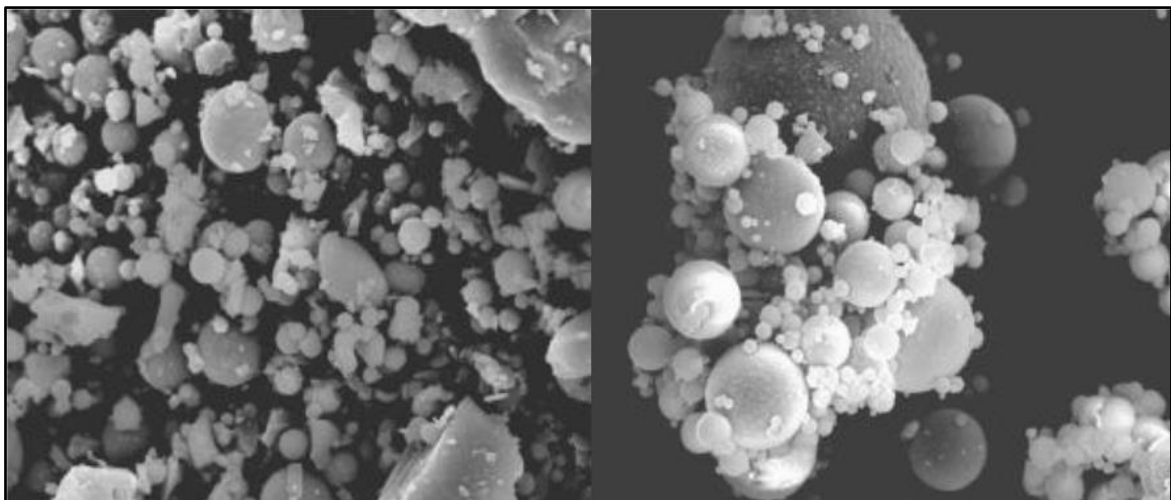
Fuente: (Barrera Quijano, 2010)

(Lodeiro Garcia, y otros, 2007) la investigación que realizó menciona, las características de los concretos que están adicionado y mezclados con ceniza de carbón, en tiempo de servicio de estos materiales se ah de relacionar con la estructura que tienen en cuanto a su (mineralogía y microestructura) de los mencionados. En concretos, las mezclas de concreto que se realizan con el cemento portland tienen problemas principalmente en su tiempo de sostenibilidad, que en la mayoría de momentos llega a tener, mayormente de aspectos al calcio. Pero ello no impide, que los cementos que son apoyados en una activación alcalina de la ceniza carbón esto hace que a los momentos de la reacción de la mezcla se

forme un gel con presencias de aluminosilicatos hidratado, sin el calcio, la durabilidad del comportamiento de los cementos alcalinos puede ser por una fuerza diferente.

(Rodriguez Martinez, 2009) en la Universidad Politécnica de Valencia, España, Aprecio que habitualmente sucede la valoración con lo cual se llega a preciar el procedimiento mecánico y ciertas características micro-estructurales en la mezcla de los materiales con geo poliméricos, que son procedentes de la ceniza y que su propiedad es baja en calcio. Con un objetivo de poder instaurar unas inmejorables en un plano de diseño y respectiva producción, con el objetivo de hace cumplir adecuadamente las diferentes alternativas de activar y la reformulación de las cantidades que se aplicara en la dosificación, en consecuencia, a las propiedades naturales del ion alcalino como, una fuente de admisión de la calidad superior del calcio y la adición del agua para el mesclado. Que mediante la visualización del microscopio se observó, que todas sus características (físicas) en los geopolímeros a base de las cenizas depende de manera directa la cantidad de los componentes de sílice lleguen a tener, la incorporación que se viene realizando a través de la solución activante, que con la adición del sílice se estaría esperando la resistencia mecánica de la estructura aumente, así evaluar su trabajabilidad y la incidencia que llegara tener al adicionar la ceniza molida y la primigenia, aplicando como activadores alcalinos: Oxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ); Oxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ).

### **Observación en el microscopio de las propiedades en geopolímeros basados en cenizas**



*Figura 5. Cenizas de Carbón y molida*

Fuente: (Rodriguez Martinez, 2009)

(Nardi, 1975) la ceniza volante como primer registro a la pavimentación se tuvo en los años 1938, en los Estados Unidos en el distrito de Sanitario de Chicago, en donde se llegó a utilizar de 20% a 50% de ceniza volante para sustituirlo al cemento en la pavimentación, con una longitud de aplicación de una media milla de la carretera local. De esto el autor señala que, en los proyectos de construcción de superficies de despegue en los aeropuertos de Newark, en los EE. UU, se llegó a utilizar 730,000 Tn de ceniza, se utilizó por motivo del tipo de material que era arena de mar dragada que se puso en el paquete estructural de la vía. Y con los equipos instalados se pudo verificar, después de una operación de 5 años, que el costo de mantenimiento de dichos pavimentos es muy bajo a diferencia de los pavimentos comunes.

(Rohde, 2005), En Europa, la utilización de ceniza carbón como aglutinantes en la estabilización de base, subbase y la estabilización en la subrasante en las vías pavimentadas se inició desde 1960. Y en otros países como (Inglaterra, Suecia, Francia, Rusia) y entre otros, la utilización de la ceniza en el mejoramiento de los pavimentos fue parte de las alternativas de solución no convencionales.

(Marcon, 1997), la utilización de la ceniza volante en la estabilización de arena. La necesidad de trabajar dio lugar al estudio técnico experimental de una longitud que llevo a la prueba, esta se encontraba ubicada a las orillas del BR-101 de la ciudad de Imbituba, en donde se construyó la subbase de arena estabilizado con ceniza y cal, la estabilización de la subrasante fue un éxito.

(Umaña Peña, 2002), Los residuos que se llegan a producir por los centros de producción de energía son tradicionalmente utilizados en la construcción de los proyectos de la ingeniería civil. Lo normal que se utiliza es de forma bruta o en forma aglomerada. En la forma aglomerada su uso se realiza en una variedad de distintas formas de la elaboración como pueden ser (el cemento, el hormigón, la fabricación de ladrillos, áridos artificiales, materiales refractarios y como aditivo de remplazo en la industria de la cerámica), y en mayores cantidades se utiliza para proyectos de construcción de vías y ferrovías, como un tipo de material de relleno en minería y material de pavimento.

**Clasificación de Ceniza Volante**, la norma (ASTM C618) establece que, la Ceniza volante principalmente se puede clasificar en dos tipos, de clase C y clase F. Estas clasificaciones principalmente dependerán del porcentaje de sílice (SiO<sub>2</sub>), alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), y el óxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Los agentes artificiales que se utiliza ambos tipos de ceniza volante se detallan en la Tabla 1. La ceniza volante de clase C normalmente produce lignito por el proceso de quemado del carbón sub-bituminoso. Esta variedad de ceniza volante tiene la propiedad cementante y puzolánica. La palabra cementar que se utiliza, se puede llegar a entender como el endurecimiento del material usado se realiza con la adición del agua, la ceniza volante hace una reacción con el hidróxido de calcio en temperaturas comunes, de la misma forma también se puede utilizar para la producción de ciertos agentes del cemento.

La ceniza volante clase F, este tipo de material se puede llegar a su producción a partir del proceso de quemado del carbón de antracita o bituminosa y que solo se llega a considerar las propiedades puzolánicas.

Tabla 1. Requerimientos Químicos de Ceniza Volante de acuerdo a ASTM C 618

Composición Química		Clase	
		F	C
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Min %	70	50
SO <sub>3</sub>	Max %	5	5
Contenido de Humedad	Max %	3	3
Perdida por Ignición	Max %	6	6

Fuente: (Pérez Collantes, 2012)

Entre estos dos tipos de ceniza volante de clase (C y F), lo cual se llegan a considerar los tipos comunes de ceniza volante. Sin embargo, como anterior mencionado, la ceniza volante tiene una extensa variedad de propiedades y características todo dependerá las propiedades del tipo de carbón usado, el proceso de combustión en otros y los aditivos. Los diferentes tipos de ceniza volante no se pueden considerar dentro es estas dos categorías.

**Propiedades de la Ceniza Volante**, De acuerdo con (Cristina Gema, 2014) menciona que la ceniza volante puede presentar las siguientes propiedades:

1. Capacidad reactiva, es la propiedad que hace apto para su uso en diferentes aplicaciones. Otro es la puzolánica y la hidráulica, aunque se requiere un tiempo largo más o menos para que su reactividad puzolánica se manifieste.
2. La ceniza volante incrementa su trabajabilidad al material en su estado plástico, debido al incremento de su esparcimiento en las partículas del sistema.
3. Las cenizas volantes disminuyen su expansión en los concretos debido a su relación a la reacción arido-calís, aumentando su durabilidad y disminuyendo la pérdida.
4. El agua sobrante que no reacciona con el cemento, en los primeros tiempos la reacción de la ceniza volante es mayor. Sin embargo, ya que aumenta su trabajabilidad al adicionar la ceniza volante, de esta forma es posible que la relación agua cemento reduzca, así compensar los vacíos de la mezcla.
5. Al utilizar las cenizas volantes las resistencias mecánicas en tiempos cortos serán menores, en comparación con lo que alcanza el cemento Portland. La actuación de la ceniza como diluyente inerte, en periodo de reacción con la puzolánica. A tiempos largos la estructura se refina debido a la evolución en la actividad puzolánica.
6. Las cenizas volantes debido a su menor contenido de alicata (C3S) en comparación con el cemento Portland disminuye el calor de hidratación La ceniza. Este compuesto en su mayor parte es responsable del calor desprendida durante el tiempo de hidratación del cemento Portland. El proceso de reacción de la puzolana, es desprender calor en un tiempo progresivo.
7. Las cenizas volantes mezclados por el cemento Portland mejora su durabilidad en el tiempo en ambientes sulfatados y de las aguas del mar. Todo esto de debe, a su mayor resistencia a la permeabilidad y la reducción al contenido portlandica (SC3). Este último prohíbe que la formación del aluminato se pueda expandir. En incremento a la resistencia a la permeabilidad es producto de la formación puzolánica durante su actividad, se depositan en los interiores de los poros capilares que estan interconectados, así dificultando que los iones del sulfato y cloruro penetren.



Para ser empleado en la construcción este subproducto da muchas ventajas en su aplicación. La producción está garantizada al tener un alto volumen de producción que llegue a requerir en el sector; se forma a partir de un material reactivo de tal forma que en condiciones determinadas puede comportarse de igual manera que el cemento Portland que al presentarse de la manera pulverizada, previo a su uso es innecesario aplicar un tipo de transformación, además constituyéndose una materia prima económicamente viable (Fernández Jimenes, y otros, 2006). Las cenizas volantes permiten a que las industrias de elaboración de concreto lleguen a utilizar grandes cantidades del material con el fin de contemplar y adicionar para así reducir la utilización del cemento Portland por la cantidad de unidad de volumen del hormigón, (Fernandez Carrasco, y otros, 2008)

**El origen y operación para producir la Ceniza Volante**, el alto porcentaje del uso del carbón a originado problemas, al momento de producir la energía en las centrales eléctricas que está basado en la quema de la materia y que genera los residuos sólidos, en su mayoría de veces la materia que se llega a tratar pueda presentar imperfecciones esta materia; esto puede llegar a una representación de (6 %y 8 %), al momento de la retroalimentación de carbón a la central de producción de energía eléctrica. La producción de la ceniza volante se llega a realizar mediante un proceso del material quemado que es producto del carbón pulverizado, que se llega a utilizar como un tipo de combustible en las centrales de generación de energía.

La acción y el efecto químico y mineralógica va depender en principal del contenido de minerales que no se combustiona y lo posee el carbón, y durante las reacciones que se llegaran a pasar en el proceso de la combustión (Cristina Gema, 2014)

La proporción más fina de la ceniza volante (CV), en las centrales termoeléctricas se aparta de la combustión de gases entre el caldero de hogar y la chimenea mediante diseños de equipos que convengan como son los ciclones, filtros y precipitaciones electrostáticas, o al momento de mezclar o juntar que; si estos elementos no existen la ceniza volante se llegaría a perder en el medio ambiente y/o atmosferas todo esto sería a través de las chimeneas a ser esparcida alrededor de amplias zonas geográficas. La otra parte del material que no se ve afectado por la combustión del carbón se llega a un retiro de los ceniceros del hogar mediante

una forma de residuos y/o escorias. La proporción de residuos de la ceniza va a depender; del caldero u hogar y del carbón, tipo y forma de alimentación, hoy en día en caso de modernas centrales térmicas de carbón pulverizado.

Por los generales, la CV sus características físicas son muy complejas de predecir. Por que sus partículas tienen medidas entre 0.5+100  $\mu\text{m}$  con un tamaño promedio de medida de 8+30  $\mu\text{m}$  según los equipos de separación utilizados en la central termina son; partículas que tienen una peculiaridad en cuanto a su color grisáceo amarillento esféricas, si estas partículas llegan a contener álcalis serán más claras, y si contiene carbón que no se llegó a quemar será más oscuro. Y los carbones que son pobres en lignitos suelen dar una CV densas de color claro. Por otro lado, la acción y efecto genérico de CV es muy común en rocas y suelos, que puede estar relacionadas con la geología y la minería de canteras de carbón, que estas tengan la condición de poder llegar a quemarse. Las materias la mayor de los casos, los óxidos de Si, Al, Fe, Ca, Na; suponen el 95% al 99% de CV también se ha llegado a identificar hasta 45 elementos que están distribuidos según las dimensiones de las partículas. Hay diferencias importantes mineralógicamente de acuerdo al tipo de carbón que va a dar el origen a la CV. Por otro lado llega con la adición del cuarzo llega tener formas de óxido férrico que llegan aparecen en todas los tipos cenizas.

Los carbones, las especie magnetita y porcelanita se presenta mucho mas frecuente en los orígenes bituminosos, mientras la periclase y el CaO este tipo de material llegan a ser más comunes en los carbones pobres (sub bituminosos y lignitos).

La CV que reúne las cualidades especiales de su composición y finura, es posible su aplicación para la sustitución del cemento en ciertas combinaciones con el concreto y morteros, a los que se les exige que deberán llegar a determinadas resistencias y su durabilidad. Las cenizas volantes de carácter puzolánico que tiene una reactividad con la cal unido a su gran finura, permitirán que el remplazo al cemento será de gran interés técnico y económico, el cual una gran parte permitirá la utilización racional, en promedio la CV para su preparación del concreto se utiliza el 15 %. Pueden ser consumidas gran parte de la CV como materia en la fabricación del Clinker y en la adición de los cementos.

A la llegada del carbón a la central termoeléctrica llega hasta 70,000 Tn por medio de barcos, los mismos que se descargan junto a la plataforma en donde dos gruas que son tipo canguro y retiran el carbón sobre una faja transportadora. Y sobre la segunda faja transportadora el carbón se conduce a lo largo del muelle hasta llegar al campo de carbón en donde es distribuida con un monta carga (stacker) para acopiar el carbón. La capacidad de acopio del campo puede llegar a almacenar hasta 200,000 Tn. El carbón del campo de acopio se recoge por medio de dos equipos semi automáticos, son carbones recuperados (reclaimers), los cuales son transportados por medio de una banada de paletas, el carbon recogido es apilado y lo depositan en las fajas transportadoras, el cual conduce al carbon a los almacenamientos de calderos llamados silos. El cargado a los silos, toda esta operación es llevada al alimentador para luego de la pulverización del carbon en donde es triturado hasta llegar a convertirse en polvo pasando la malla N° 200 un 70% del material, luego seguidamente la inyección de aire templado a traves de un conducto, es transportado por medio de tubos hasta donde los quemadores del caldero, en donde la partícula del carbón se extiende para así llegar a formar la llama hogar.

Los calientes gases que pasan por fuera de los tubos del calentador, así recalentar y economizar antes de dejar el caldero. Después de pasar al precipitador electrostático en donde se queda atrapado la CV, para finalmente ser emitidas a la atmosfera por medio de la chimenea. Visualizar la Figura N° 6 en donde se visualiza la obtención del carbón pulverizado.

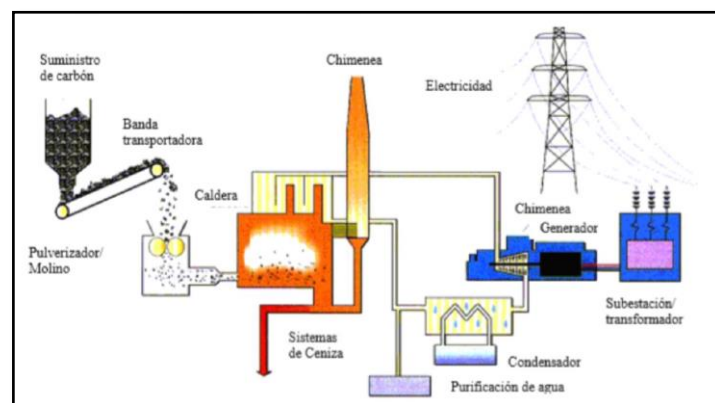


Figura 6. Proceso de Obtención de Carbón Pulverizado

Fuente: (Quiroz Bazán, 2005)

En el 1996 se constituyó en el mes de setiembre, con el nombre Powerfin Perú S.A., que en 1997 cambia de nombre a Energía del Sur S.A.

De forma abreviada se llamó EnerSur S.A., para la adquisición de los aditivos de generación de electricidad que es propiedad de Southern Perú Copper Corporation (SPCC), en ese tiempo entonces llamado Southern Perú Limited y luego suscribir a Power Purchase Agreement (PPA).

La planta de generación de energía tiene una turbina que funciona a vapor con una potencia de 135MW, el cual cuenta con una plataforma de capacidad de almacenamiento de 200,000 Tn, también cuenta con un muelle de 1.25 Km de longitud diseñados para flotas marinas de 70,000 Tn de descarga. También cuenta con dos plantas de desalinización que suministran agua industrial potable, para la operación de la central de energía la planta de tratamiento de aguas residuales es llevada a las áreas verdes que se encuentran alrededor de la central térmica.

La necesidad de utilizar de manera responsable los recursos naturales, así preservar y cuidar a las futuras generación de vida, el planteamiento de EnerSur S.A. tiene como meta reducir y prevenir los efectos de impactos ambientales ya que pueden causar la producción y transmisión de la energía eléctrica. EnerSur S.A. tiene un plan orientado al medio ambiente con un estricto cumplimiento de las normas legales en relación a sus actividades, otras empresas como SUEZ Energy International en el Perú puedan optar, lo cual EnerSur S.A. cuenta con certificación ISO 14000. (Quiroz Bazán, 2005)

EnerSur S.A. viene realizando algunas acciones para la preservación y cuidado del medio ambiente que son:

- La utilización y tratamiento de las aguas que utiliza del mar
- El proceso para tratar las aguas residuales y volver a la reutilización.
- El piensa en su reforestación y el sembrío de áreas verdes

Los cuales son atrapados casi en un 100 % de gases de ceniza volate que son emitidas por la combustión del caldero, con esto se puede llegar a decir que limpia los gases a su salida a la atmosfera, evitando que el aire de la zona se llegue a contaminar.

El diseño del carbón garantizado que deriva del mismo carbón: "PT Adaro de Indonesia", en el carbón tiene unas propiedades químicas y físicas que se encuentra dentro de la categoría de acuerdo a sus especificaciones de estudio del impacto ambiental que ocasionara y que compromete a EnerSur S.A. para la central térmica que se encuentra en Ilo21. La utilización del carbón para la combustión es un método que se usa para poder quemar el carbón y generar energía eléctrica.

Para elaboración del carbón se realiza, el secado, la trituración del material al tamaño especificado, lo cual para la alimentación del combustible se realizará mediante el transporte neumático a los quemadores, todo el procedimiento está completamente compuesto en la caldera. El aire que es transportado por el carbón es en muy bajas cantidades que al aire total que emite la combustión. El aire sobrante producto de la combustión es directamente adicionado por separado, la realización del mesclado del combustible se realiza en la cámara de combustión. Para una buena combustión las paredes de la cámara se refrigeran por medio del vapor. La cámara de combustión tiene que estar diseñado perfectamente para que pueda suministrar el tiempo suficiente de residencia para que así se pueda garantizar que la combustión sea perfecta, luego las cenizas volantes tienen que enfriarse a una temperatura menor al reblandecimiento para así evitar su acumulación en los intercambiadores de calor.

El carbón luego de haber sido molido y pulverizado es introducido junto con el aire a la caldera. El material mencionado tiene una superficie grande, esto hace que la combustión se realice de manera fácil en los quemadores. La generación del calor se usa para producir presiones de vapor altas así activar las turbinas y se pueda generar la electricidad. Hoy en día todas las plantas que generan electricidad en el mundo son de carbón que se producen a través de métodos de carbón pulverizado.

El carbón pulverizado tiene emisiones de combustión que pueden llegar a ser reducidas y/o controlados mediante tecnología de limpieza. Los gases de combustión producto de las precipitaciones electrostáticas en los filtros pueden ser removidas y superiores al 99% de la ceniza volante. Los métodos para la eliminación de gases de azufres y sus compuestos, que son producto de la combustión se pueden remover entre 90% y el 97% de los óxidos de azufre que

produce gases los cuales pueden ser convertidos en yeso para que se puedan usar en la industria de la construcción.

La ubicación de las estructuras de la turbina se encuentra orientadas en una dirección NO – SE, que sería de forma paralela a la línea que forma el mar a sus orillas. Todas las calderas se encuentran ubicada perpendicular a las estructuras de las turbinas. Entre la caldera y las estructuras de las turbinas se encuentran ubicados los silos de carbón que son tipo cónico en formas de cilindros, la cantidad de silos por cada grupo son tres, son sus respectivos pulverizadores que corresponde a la parte inferior.

Las estructuras de los precipitadores electrostáticos se encuentran ubicados de forma continua a las calderas, seguidamente se encuentra la ubicación de la chimenea, en las salidas de las calderas se encuentran los turbos comunes para que los gases salgan de la caldera. Esta estructura tiene medidas de 130 metros de altura y 4.95 metros de diámetros interior y es de concreto armado. También se encuentran los silos de residuos de cenizas, con una accesibilidad fácil. Se puede visualizar la vista general de la central termo eléctrica Ilo 21 en la Figura N° 07, otra visualización interna de la central termoeléctrica en la Figura N° 08, y la visualización en donde se almacena la ceniza volante (silos) ver la Figura N° 09.



*Figura 7. Vista General de la Central Termoeléctrica ILO21*

Fuente: (Pérez Collantes, 2012)



*Figura 8.* Vista Interior de las Instalaciones de Central Termoeléctrica ILO2

Fuente: (Pérez Collantes, 2012)



*Figura 9.* Vista de los Silos donde se Almacena la Ceniza Volante

Fuente: (Pérez Collantes, 2012)

**Generalidades sobre la cal**, a través de la calcinación de la roca caliza a temperaturas  $880^{\circ}\text{C}$  a  $900^{\circ}\text{C}$  se obtiene la cal, el cual principalmente está compuesto por óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) y tiene también otros componentes. Los terraplenes arcillosos, revestimientos, sub base y bases que son adicionados con

cal en cantidades menores o mayores, ocasiona que los límites de consistencia incrementen en su (límite líquido y límite plástico), y el índice de plasticidad disminuya. Así llegar a una estabilidad de suelos y/o materiales cohesivos por ende el CBR aumente. (Huezo Maldonado, y otros, 2009).

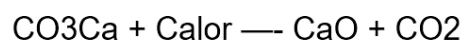
**Los diferentes tipos de cal,** En un término general que se usa como nombre cal por lo que no se llega a determinar por sus formas químicas y físicas ya que pueden llegar a tener compuestos químicos como los óxidos, hidróxido de calcio y magnesio. Para la clasificación de diferentes tipos de cal se pueden clasificar de la siguiente forma: (Sampedro Rodriguez, 2005)

**Cales aéreas,** Es un tipo de cal que principalmente se compone por tres compuestos químicos (óxidos, hidróxido de calcio y magnesio), estos compuestos llegan a consolidarse de manera lenta al aire libre por la acción del  $\text{CO}_2$  que tiene la atmósfera. No pueden tener participaciones en sistemas hidráulicos, es decir que con la presencia de agua no llegan a endurecer, la obtención de esta cal es a través de rocas calizas que contengan carbonatos mayores al 95%.

**Cales hidráulicas,** Este tipo de cal llega a endurecer con la presencia del agua. La obtención del material se realiza a través de calizas que contengan arcillas (sílice y Alúmina). Durante el proceso de calcinación, para luego ser hidratado así llegarán a formarse los silicatos, aluminatos cálcicos que cuentan los sistemas hidráulicos.

**Cales utilizadas para la estabilización de suelos,** Esta variedad de cal es utilizada en la estabilización de suelos de baja capacidad de soporte son (cales Aéreas). Esta cal se puede clasificar de la siguiente forma:

- CALES VIVAS: son cales aéreas, su compuesto químico está formado principalmente por: óxido de calcio, óxido de magnesio producido por la calcinación de la caliza.



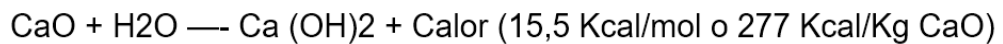
La venta se realiza en forma de grano de diferentes granulometrías hasta molidas o incluso pulverizadas. Que al contacto con el agua realizan una fuerte reacción exotérmica. Calizas que contienen compuestos de carbonato de magnesio también se utilizan, cuando son calcinados estos



materiales se obtiene el óxido de (calcio y magnesio). Si el óxido de magnesio es mayor al 5%, esta cal lleva el nombre: cal dolomítica y/o dolomía calcinada.

NOTA: se debe tomar en consideración que la estabilización de suelos con adición de cal dolomita es más lento a diferencia de la cal viva ya que contiene óxido de magnesio menor al 5%.

- CALES APAGADAS O HIDRATADAS: Esta variedad de cales aéreas principalmente su composición es por hidróxido de calcio. Viene de una combinación que está controlado por la cal viva.



Esta variedad de cal en contacto con el agua tiene una reacción que genera calor, la venta del producto se realiza en forma de (polvo fino seco, lechada de cal).

- CAL EN FORMA DE LECHADA: es cal no activa que se encuentra suspendida sobre el agua. La obtención de esta cal también se puede realizarse a partir de la mezcla de cal con agua que dará la cal apagada, formándose sobre el agua en forma de suspensión la cal lechada. De forma que su proporción de la cal apagada tenga una apariencia de leche, y tenga un compuesto de (150g a 400g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  por cada litro de agua). La utilización de esta cal se puede realizar mediante lechadas en las estabilizaciones y tratamiento de los suelos cuando requiera adquirir ciertas ventajas son:
  - ✓ Supresión del polvo producido en el extendido de la cal
  - ✓ Humidificación de los suelos secos.

El proceso de fabricación de la cal se puede realizar de la manera ya sea en fábrica o in situ, en cubos o envases que cuenten con un sistema de agitación, que son a partir de la cal apagada o cal viva. Una vez terminado la preparación de la cal deberá ser aplicado directamente sobre el suelo.

El efecto de la cal adicionando los suelos arcillosos se divide en dos grupos:

**Acción sobre los suelos arcillosos, El efecto** de la cal adicionando los suelos arcillosos se divide en dos grupos:

- a) Es cuando los efectos de reacción son rápidos pueden ser en minutos o horas.
- b) Es cuando el efecto de reacción tiende a un lapso de tiempo pueden tardar semanas o meses se denomina estabilización por cementación.

Hechas las consideraciones anteriores el comportamiento de la cal aumenta significativamente la rigidez y resistencia del suelo disminuyendo la ductilidad y plasticidad.

La permeabilidad del suelo, que en seguida luego de su procedimiento puede ser analizado como un árido que cementa poco a poco mediante avanza el tiempo, mejora notablemente a poco tiempo, pero poco a poco disminuye sus reacciones cementales lo que indica es que disminuye la sensibilidad al agua, por lo que puede tener una certeza de una modificación en el índice plástico y de su retracción e abultamiento del suelo. (Sampedro Rodriguez, 2005).

**tipos de suelos: en seguida se especifican los suelos mayormente utilizados por la ingeniería civil en obras viales.**

**GRAVAS:** son aglomeraciones de rocas fragmentadas y su medida es mayor a los dos milímetros de diámetro. Su apariencia casi redonda es debida al arrastre de las aguas por lo cual la grava sufre deformaciones en sus aristas. Se encuentra este tipo de material suelto en los abanicos aluviales de los ríos y en los lugares rellenados por el efecto del transporte de ríos. Las gravas ocupan generalmente dimensiones muy grandes mayormente se encuentran mezcladas con cantos rodados, arcillas y arenas. La forma de las gravas mayormente son partículas redondas o poliédricos esto depende a la historia de su formación.

**ARENAS:** son componentes de granos finos los que se generan por la desintegración de los minerales o rocas. La medida de sus partículas se encuentra en un rango de 2 milímetros y 0.05 milímetros de su diámetro.

El principio de las arenas es muy semejante al principio de las gravas. Se acostumbran encontrarlas juntas casi siempre en un mismo deposito. Las arenas que se encuentran en los ríos generalmente vienen combinadas con muchas proporciones de gravas y arcillas. Las arenas mojadas no se

contraen a la hora de secarse, debido a que no son plásticas como vendrían ser las arcillas, pero se los pone una carga tienden a comprimirse rápidamente, (Crespo Villalaz, 2004).

- LIMOS: vienen hacer suelos finos que poseen escasa plasticidad, siendo el limo de elemento inorgánico que se produce en yacimientos, o limo orgánico los que se ubican en ríos su característica viene hacer plásticas. Las medidas de las partículas de limos son de 0.05mm y 0.005mm. los limos que no soportan cargas para el uso es zapatas son limos sueltos y saturados. El color de los limos cambia de gris claro a oscuro. La compresibilidad del limo orgánico es demasiado alto mientras su permeabilidad es demasiada baja. Si los limos no se encuentran en buen estado es generalmente considerado unos suelos más pobres que no es posible cimentar. (Crespo Villalaz, 2004).

ARCILLAS: se denominan arcillas a las partículas sólidas cuyas dimensiones son menores a 0.005mm, al mezclarse con el agua las propiedades de la masa se vuelven plásticas. En lo aspecto químico viene hacer un silicato de alúmina hidratado. A veces poseen magnesio húmedo y silicatos de hierro. La forma de átomos que toma estos minerales son laminares y de estructura regularmente, cristalina,

Se concluye que existen dos clases de los laminares que son: el tipo alumínico y tipo silíceo. (Crespo Villalaz, 2004).

**Plasticidad en suelos**, Límites de consistencia o también denominado límites de Atterberg se fundamentan en el criterio de suelos finos, los que se encuentran en los ecosistemas estos se localizan en distintos estados ya que depende de la proporción de agua que posee el suelo esto pudiendo ser en los estados sólido, semisólido, semilíquido, plástico, y líquido. Ejemplo, cuando se agrega agua a la arcilla el efecto que se realiza es que pasa al estado plástico y últimamente al estado líquido.

Lo que realiza la variación de estado de un suelo a otro suelo es gracias al contenido de agua y lo más valioso en la mecánica de los suelos viene hacer determinar el nivel de humedad que tiene el suelo, para ver si el suelo tiene un

comportamiento plástico, esto nos lleva a saber que propiedades presenta el suelo y hasta que margen resiste sin romperse.

El procedimiento para realizar la medición de los límites de humedad es ingeniado por Atterberg a inicios de siglo mediante dos tipos de ensayos para definir el estado plástico.

Los límites de atterberg son muy importantes para determinar los índices de los suelos y definir su plasticidad y posteriormente identificar mediante la clasificación de suelos.

- **LÍMITE LÍQUIDO:** Se nombra límite líquido al contenido de humedad cuya medida es en (%) se relaciona con el peso y agua de su muestra, este efecto da el cambio de estados de líquido a plástico. Según este concepto los suelos plásticos poseen resistencia demasiado baja al esfuerzo de corte, es de 25 g/cm<sup>2</sup> como lo menciona atterberg. Su cohesión en suelo es empíricamente nula. (Crespo Villalaz, 2004).
- **LÍMITE PLÁSTICO:** Se especifica como (L.P.) al contenido de humedad, cuya unidad de medida es en porcentaje con relación al peso seco de su muestra. **ÍNDICE DE PLASTICIDAD:** Se conceptualiza (I.P.) a la resta de los números del límite líquido contra el límite plástico según lo denominan los ensayos. La dependencia del límite plástico y límite líquido es según la cantidad de arcilla que posee el suelo. Al comparar el índice plástico con las especificaciones se llega a saber si el suelo posee características óptimas para cierto uso (Crespo Villalaz, 2004).
- **Muestra,** esta secada al horno, el efecto que se genera es el paso de estado semisólido hacia el estado plástico. (Crespo Villalaz, 2004).

**Clasificación de los suelos,** Se entiende por clasificación de suelos a formar grupos con características iguales. La intención es facilitar las propiedades de un suelo comparando con otros suelos semejantes, de características ya conocidas, son muchas las combinaciones y propiedades de los suelos y muchos los intereses en lo que viene hacer en la ingeniería, se simplifica en que estas clasificaciones están realizadas y desarrolladas para el campo de la ingeniería, en este caso solo se revelara las clasificaciones que se usan en obras viales.

**Sistema AASHTO M-145**, Según (Bureau of Public Roads) en el año 1929, En los estados unidos (USA) el departamento de caminos públicos introdujo en lo que vendría ser uno de los primeros en sistema de clasificación, con el fin de evaluar los suelos para su posterior construcción de carreteras. En el año 1945 este sistema fue corregido y desde entonces se denomina sistema AASHTO y en la actualidad es conocida como AASHTO.

Este sistema de clasificación AASHTO menciona un procedimiento con el cual se clasifican los suelos divididos en siete grupos, centrado en la realización en laboratorio de granulometría, índice de plasticidad (IP) y límite líquido (LP), a fin de conocer los resultados, en cada grupo se efectúan por medio de un índice de grupo, esto se halla por una formula denominado formula empírica:

$$IG = (F-35) \cdot (0.2 + 0.005(L.L-40)) + 0.01(F-15) (I.P-10)$$

Dónde:

F = Porcentaje que pasa por el tamiz ASTM N°200 (0.08 mm),

en números enteros.

(L.L) = Límite Líquido.

(IP) = Índice de Plasticidad.

Si es negativo se expresa igual a 0, Y si positivo se expresa en números enteros el índice del grupo y la clasificación del grupo se utiliza para saber de qué calidad es el suelo en terraplenes, bases, subrasante y subbases. Una vez obtenido las respuestas de los ensayos se revisa la tabla N°2 de izquierda hacia la derecha, para encontrar el grupo adecuado se realizará por supresión. La clasificación perfecta es el grupo número 1 que satisfaga los datos obtenidos del ensayo. Todos los datos limites numéricos son enteros, si un valor vendrá ser con decimales se procederá a aproximar al número entero que más cerca se encuentra.

En número del índice de grupo siempre debe estar en paréntesis seguido del símbolo del grupo, ejemplo A-2-6 (3); A-7-5 (17).

Esto se define como:

- **Grava:** es el material que pasa por la malla de 75 mm (3") y es retenido en el tamiz de 2mm (N°10).
- **Arena Gruesa:** es el material entendido entre la malla de 2 mm (N°10) y el tamiz de 0.50 mm (N°40).
- **Arena Fina:** es el material entendido entre la malla de 0,50mm (N°40) y el tamiz de 0,08 mm (N°200).
- **Limo Arcilla:** es el material que por la malla 0,08 mm (N°200).

Se denomina componente granular a los suelos que llegan a pasar en una proporción de 35% o menor que pasa por la malla 0,08 mm (N°200); Limoso a los suelos cuyo material fino que poseen un índice plástico 10 o menor; suelos arcillosos a suelos de materiales finos cuyo índice de plasticidad viene a ser 11 a más. Los materiales limo - arcillosos son los que tienen más al 35% pasante por la malla 0,08 mm (N°200).

- A la hora de calcular los índices de los grupos de sub grupos A-2-6 y A-2-7, se usará únicamente la fórmula del índice de plasticidad.
- Si el suelo es no moldeable (NP) o su límite líquido es indefinible, se debe estimar a (0).
- Si el suelo es inmensamente orgánico se clasifica como A-8 a simple vista, no se debe considerar el % que pasa por la malla 0,08 mm (N°200), índice plástico y límite líquido. Mayormente su color es oscuro, es hebroso y de olor podrido. (Universidad Católica del Norte, 2020).

Tabla 2. Clasificación de suelos AASHTO

CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N°200)							Materiales limoso arcilloso (mas del 35% pasa el tamiz N°200)			
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N°10(2mm) N°40(0,425 mm) N°200(0,075mm)	50 max 30 max 15 max	- 50 max 25 max	- 51 min 10 max	- - 35 max				- - 36 min			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40											
Limite Liquido	-		-	40 max	41 max	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min (2)
Indice de plasticidad	6 max		NP (1)	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			
(1)	No Plastico										
(2)	El indice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30 El indice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30										

Fuente: (González Boada, 2017)

**Sistema unificado de clasificación de suelos SUSCS, este sistema es para la clasificar suelos que proviene de un sistema, realizado por A. Casagrande con este sistema se identificaron y se agruparon suelos para ejecutar obras militares en las guerras que se realizaron. Este sistema separa en dos inmensos grupos los cuales vendrían hacer los granos gruesos y finos las partículas gruesas tienen más del 50% de peso con relación de las partículas mayores que pasan por la malla 0,08 mm (N°200); el símbolo que lo representa es la G, Si más de la 1/2 en su peso con relación a las partículas gruesas son conservadas en el tamiz numero 4 (5mm) y con el símbolo S si pasa más de la mitad por el tamiz numero 4 (5mm).**

A símbolo G o al símbolo S se le adiciona una segunda letra que especifica la graduación:

W, nos indica una excelente graduación y con escaso de fino o nada de fino; P, nos indica una graduación pobre, discontinua o graduación uniforme con escaso de finos o nada de finos, M, es quien tiene limo y arena; C es quien tiene arcilla o arcilla y arena.

Se dividen en tres grupos cuyos suelos son finos, y que tengan más del 50 % bajo tamiz 0,08 mm (N°200) Estos grupos vienen hacer Los (M) Limos, (C) arcillas y (o) los limos o arcillas orgánicas.

Los símbolos anteriores vienen seguidos por otra letra que viene relacionado con el tamaño del límite líquido y muestra la accesibilidad relativa, si viene ser menor a 50 el límite líquido y H, es mayor o más. Para su mayor entendimiento se procederá a describir la clasificación:

### **Técnica de Clasificación de Suelos para granos gruesos (más de 50% retenido en 0,08 milímetros (N°200)).**

- Ya realizada la clasificación, se prosigue a determinar la repartición de tamaños de partículas que se acumulan y se ordena la muestra si es grava como (G), si es el 50%, o mayor fracción gruesa > 0,08mm llega hacer retenida en la malla 5mm (N°4), se clasifica como (S) a la arena, si mayor del cincuenta por ciento de la fracción gruesa > 0,008 mm, llega a pasar por la malla 5mm (N°4).
- Cuando el cinco por ciento (5%) de muestra cruza por la malla 0,08 milímetros N°200, se calcula:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{y} \quad Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} + D_{60}}$$

- Se ordena la muestra GW grava bien graduada también llamada arena bien graduada (SW), cuando "C" es > que cuatro para gravas y > a 6 para arenas, las arcillas inorgánicas (CL) está entre 1 a 3.
- Se clasifica muestras (GP) que son las gravas pobremente graduadas, o también denominadas arena pobremente graduadas "SP", cuando no satisfacen paralelamente las especificaciones de CL Y C para gravas bien graduada.
- Cuando la sustancia de la muestra que llega a pasar por la malla 0,08 mm (N°200) es mayor al 12%, se procede a realizar un análisis de los límites de plasticidad tanto del límite líquido y índice de plasticidad tomando referencia la línea "A" de la carta de plasticidad. Se clasifica el espécimen si es GM o SM, siempre en cuando los efectos de los límites de consistencia determinen que las muestras de finos sean limosos, indica si se llega a dibujar el Límite líquido y índice plástico (versus), si cae el punto en la parte baja de "A" o su IP llega hacer menor a 4.



- Se llega a clasificar la muestra como GC que quiere decir grava arcillosa, o SC que nos indica arena arcillosa, es cuando la muestra de finos llega a hacer arcillosos, cabe precisar que al dibujar el versus IP llega a caer no tan exactamente sobre la línea de “a” y su  $IP > 7$ .
- Se llega a clasificar GM-GC o SM-SC, cuando a la hora de graficar el versus del límite líquido con el índice de plasticidad llega a caer exactamente en la línea “A” o cae sobre la línea.
- Llevará clasificación doble siempre en cuando la muestra del suelo pase por el tamiz 0.08 milímetros (N°200) entre 5% - 12% de su espécimen, basada en la perspectiva de estimar los límites de consistencia, vendrían hacer GW-SG o SP-SM. En acontecimientos de incertidumbre la norma vendría ser en ayudar de inmediato la clasificación que contenga menor plasticidad. Tomando particularmente grava con diez por ciento de fino, un C de veinte aproximadamente de dos y finalmente un índice de plasticidad de seis, esto vendría ser clasificado con el símbolo GW-GM reemplazando a GW-CG.

**Técnica de clasificación de suelos de granos finos (50% o más que pasa por 0,08 milímetros (N°200)).**

- Si a la hora de graficar el versus del límite líquido y índice plástico, lo cual cae específicamente sobre la línea “A” se clasifica como suelo de arcilla inorgánica (C), y que su índice de plasticidad  $> 7$ .

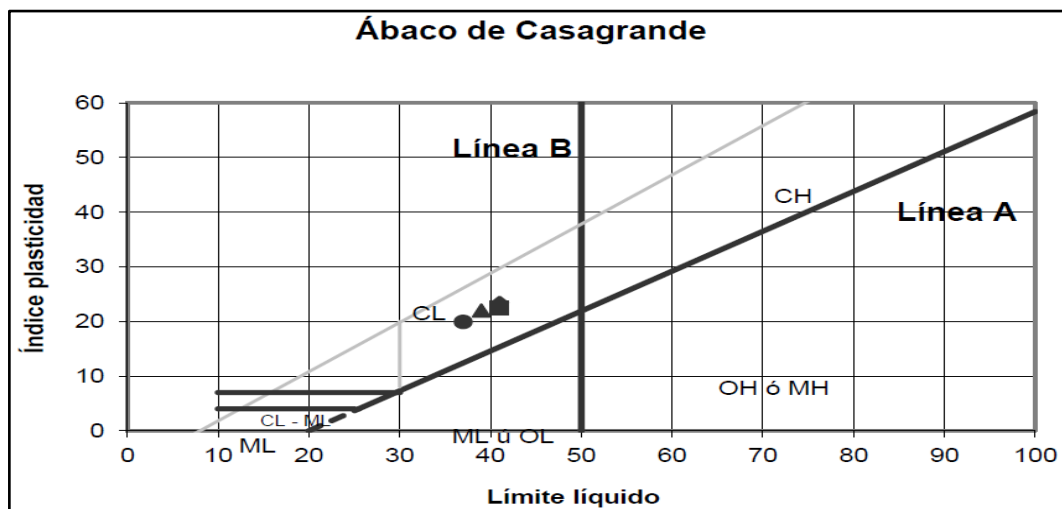


Figura 10. Carta de Plasticidad

Fuente: (González Boada, 2017)

- Se clasifica como arcilla inorgánica en caso de que el límite líquido sea inferior a 50 y el punto de límite líquido contra el índice de plasticidad cae encima de la línea "A" y su índice plástico sea  $> 7$ , si el límite líquido es mayor que 50 y el punto del límite líquido contra IP cae exactamente encima de la línea A se ordena como arcilla inorgánica de poca a 1/2 plasticidad y arcilla de excelente plasticidad. cuando el LL excede los 100 o el índice plástico es mayor a 60, se procede a expandir la carta de plasticidad en escala y mantener la misma línea de pendiente A.
- Cuando se grafique el punto del límite líquido con el índice plástico si esto cayera por debajo de la raya "A" o su IP es  $< 4$ , se organiza como limo inorgánico (M), al menos posee o sospecha que tenga presencia de materias orgánicas que al final podrían intervenir en las propiedades del suelo si pasa este caso se debe llevar la muestra del LL a horno por una segunda vez y hacer secar a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  con una duración de 24 horas, si el límite líquido después de las 24 horas de secado es  $< 75\%$  en su secado del límite líquido del espécimen inicial anteriormente del secado en horno se clasificara como limo o arcilla orgánica.
- Si el gráfico del límite líquido contra el índice plástico está debajo de la raya A y si el índice plástico es  $> 4$  se determina al suelo como limo inorgánico de baja o poca plasticidad (ML) o como (OL) arcillas orgánicas de baja plasticidad.
- Si una vez graficado de WL versus IP esta cae abajo de la raya "A" o su índice de plasticidad es inferior a 4 y su límite líquido es más de 50, se viene a clasificar al suelo como suelos de limos inorgánicos de media – alta plasticidad (MH)
- Hay suelos que se clasifican por dos simbologías esto gracias a las características de borde. Esto quiere decir si en el gráfico del límite líquido vs el índice plástico cae exactamente en la línea "A" o sobre ella, donde el IP esta entre 4 a 7, este suelo deberá tener dos clasificaciones como el CH-OH o CL-ML, pero si en el gráfico del límite líquido vs el índice plástico cae en la raya del límite líquido y es  $= 50$ , este suelo poseerá dos clasificaciones CL –CH o ML – MH.

- Si se tiene dudas la regla de la clasificación va a favor del que tiene más plasticidad, ejemplo: si se tiene un suelo fino de  $w$  aproximado a 50 y un  $IP=22$  se tiene que clasificar de la siguiente manera CH-MH en vez de CL-ML.

En el año 1942 se adoptó el sistema por según el U.S. Corps of Engineers y posteriormente en el año 1947 se le acondicionaron unos límites a fin de evitar la clasificación doble. En el año 1952 el grupo de ingenieros juntamente con Bureau of Reclamation y cuyo asesor fue el Dr. Casagrande realizaron las definitivas transformaciones.

El grupo de ingenieros subdividieron los grupos GM y SM debido a que contaban con observaciones de terrenos y ensayos en laboratorios de material de base para realizar caminos y aeropuertos. Y lo designaron por los sufijos d y u estos sufijos fueron seleccionados para ver si los componentes son buenos o no, y las simbologías GM y SM para emplear en bases de caminos.

Se utiliza el sufijo d si el límite líquido cuando es inferior o puede ser = a 25 y índice plástico inferior a 5 o =. (Universidad Católica del Norte, 2020)

Tabla 3. Sistema unificado SUSCS.

DIVISIONES PRINCIPALES		Simbolos del grupo	NOMBRES TIPICOS	IDENTIFICACION DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: 5%->GW,GP,SW,SP. >12%>GM,GC,SM,SC. 5 al 12%>casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu=D 60/D 10>4 Cc=(D30) 2/D 10xD 60 entre 1 y 3	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Arenas limpias (pocos o sin finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu=D 60/D 10>6 Cc=(D30) 2/D 10xD 60 entre 1 y 3	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Quando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	
		SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML		Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	
				CL		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.						
Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH		Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.				
	CH		Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.				
	OH		Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.				
Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico				

Fuente: (González Boada, 2017).

**Compactación de los suelos,** Vendría ser la durabilidad del suelo con pocos vacíos de aire, lo cual requiere una energía mecánica, la medida con que se determina el grado de compactación del suelo es en términos de peso específico seco.

Si al aumentar H<sub>2</sub>O a un suelo durante este proceso de compactación, el agua se comporta como un agente que ablanda los fragmentos del suelo, este efecto realiza que las partículas se resbalen entre ellas y se conviertan más densos. El peso específico seco se aumenta conforme se adiciona el agua. (Braja M., 2013).

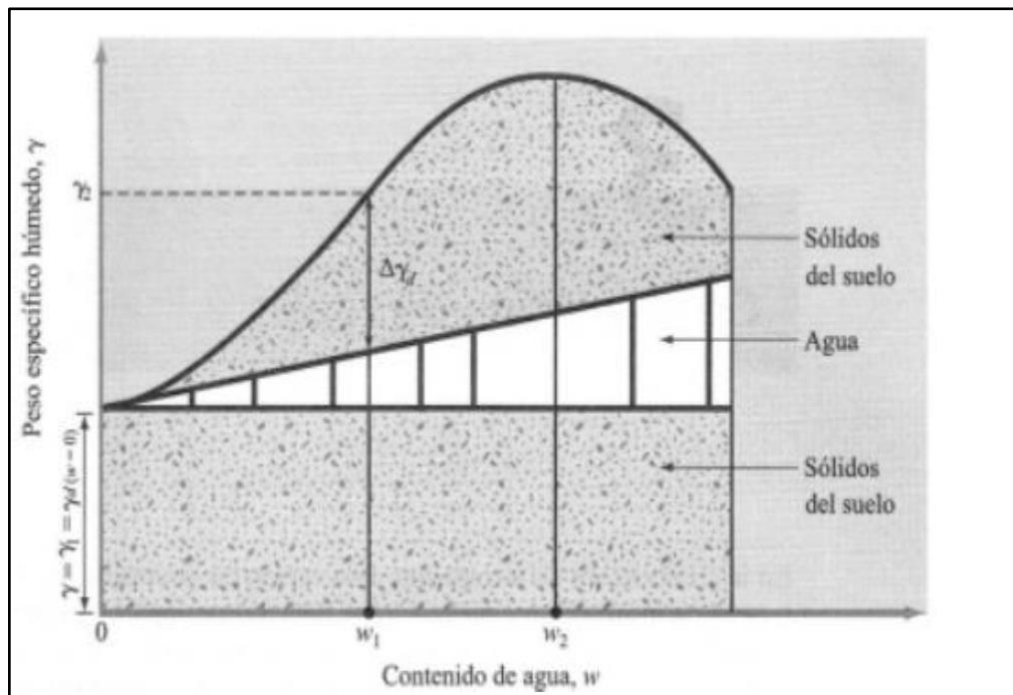


Figura 11. Principios de Compactación

Fuente: (Braja M., 2013)

**Prueba de Proctor**, Esta prueba determina el peso por unidad de volumen en un suelo que fue compactado realizando un método definido para varios tipos de contenido de humedad, el objetivo de la prueba del Proctor es (Crespo Villalaz, 2004).

- Hallar el peso máximo seco que puede logra alcanzar un componente y también determinar su humedad óptima  $W_o$  en donde debe realizarse las compactaciones.
- Hallar el nivel de compactación alcanzado del material en la ejecución de la construcción de caminos o cuando ya estén construidos aeropuertos o calles, teniendo la relación de peso volumétrico que se obtuvo en el sitio con su peso volumétrico Proctor (máxima).

**Valor relativo de soporte - C.B.R.** Este ensayo de california bearing ratio (C.B.R.) determina la resistencia al corte o esfuerzo cortante de un suelo que es de bajas humedades y una densidad controlada, este ensayo esta normado según (ASTM D1883-99), según la ASTM a dicho ensayo lo denomina solo con el nombre de Relación de soporte.

El ensayo del C.B.R. se hace para evaluar su calidad relativa de los suelos en subrasante, en súbbase, y bases que tengan solo una mínima proporción de material que pase por la malla de 50 milímetros, y que se retenga en la malla de 20mm. Su recomendación es que la fracción del material no sea mayor del 20%. El ensayo se puede hacer en laboratorio o también en el terreno ya que este último no es tan práctico.

El C.B.R. se consigue como la carga unitaria cuya medición es en kilos/cm<sup>2</sup> que esto es muy necesaria lo cual logra una adentrada de penetración del pistón cuyo área es de 19.4 cm<sup>2</sup> en el interior del espécimen ya compacta y con un contenido de humedad y su consistencia es de relación con su carga unitaria lo cual es solicitada para dar la misma profundidad de la penetración la ecuación es :

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patron}} \times 100$$

Estos son los valores que se emplean en la ecuación de carga unitaria:

*Tabla 4. Valores de carga unitaria*

PENETRACION		CARGA UNITARIA PATRON		
mm	pulgada	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>	psi
2.54	0.1	6.9	70	1000
5.08	0.2	10.3	105	1500
7.62	0.3	13.1	133	1900
10.16	0.4	15.8	162	2300
12.7	0.5	17.9	183	2600

Fuente: (Universidad Catolica del Norte, 2020)

Habitualmente el número del C.B.R. se relaciona mediante la carga a una penetración de 2.54 milímetros (0,1”), si el número del C.B.R. para una penetración de 5.08 milímetros (0,2”) en más, el valor mayor es quien se considera como el valor final. (Universidad Catolica del Norte, 2020).

**Estabilización de Suelos,** Tiene la finalidad de hacer mucho más estable el suelo, lo primordial de una estabilización es mejorar y modificar las propiedades del suelo. Son varias las formas de estabilizar un suelo, uno de los métodos más usado es añadir a un material de proporciones de agregados gruesos, otro material que no

tiene esa característica. Y últimamente está el método de combinar un suelo con agentes químicos como son cemento, cal, asfalto y otros.

Los casos que se muestran son los que justifican la estabilización:

- a) Un suelo de sub rasante desfavorable, o muy arenoso, o muy arcilloso.
- b) Materiales para base o sub base en el límite de especificaciones.
- c) Condiciones de humedad.
- d) Cuando se necesite una base de calidad superior, como en una autopista.
- e) Para el aprovechamiento de los materiales existentes del lugar de construcción de la obra.

Agentes químicos estabilizadores muy experimentados para combinar con los suelos y realizar estratos de pavimento son: cal, cemento y asfalto.

(Pérez Collantes, 2012), El método para estabilizar suelos con ceniza se fundamenta en la reiteración de componentes que contiene el suelo, los elementos de la ceniza aumentada y del medio ambiente. La influencia del suelo depende de la mineralogía que posee ya sea de cuarzo o los minerales de las arcillas; y la influencia por el medio ambiente es los factores climatológicos como es, agua, temperatura y aire: las cenizas se relacionan por medio del procedimiento que presenta óxido de calcio o presencias de magnesio.

Esta reciprocidad se declara en servicio de reacciones físico químicas, son dominantes de las que acontecen contra las cenizas y suelos. De la misma manera poco a poco la estabilización abarca cuatro reacciones diferentes las cuales son: floculación, aglomeración reacciones puzolánica y carbonatación. La independencia se manifiesta debido a las respuestas químicas y físicas. Priman principalmente de las cenizas y suelo. En el desarrollo de la estabilización se encuentran 4 reacciones diferentes las cuales vendrían hacer: el cambio iónico, la producción, y aglomeración, y las respuestas puzolanas, carbonatación.

Según MTC define como estabilización de suelos a la potenciación de las propiedades del suelo ya sean físicas o mecánicas al adicionar agentes químicos, naturales o sintéticos.

(Nuñez Rojas, 2011) Indica que la estabilización de un suelo es la transformación que recibe el suelo natural debido a la manipulación o método para así poder

disfrutar las cualidades mejoradas, con lo que el resultado obtenidos serán la firmeza, la estabilidad y será capaz de soportar la consecuencia del tránsito y también soportar los fuertes efectos climatológicos, se afirma que es mejorar el suelo aumentando su resistencia y disminuyendo su plasticidad.

(Rico Rodrigues, 2014), Indica que existen varios procedimientos que se puede realizar para aumentar las cualidades físicas y mecánicas del suelo, para luego utilizarlo en algo específico, se tiene los procedimientos más comunes según el tema.

- Estabilización mecánicamente, lo más común es la compactación, también se utiliza la combinación de suelos con mucha frecuencia.
- Estabilización por avenamiento.
- Estabilización al emplear calor y calcinación.
- Estabilización química generalmente desarrollado por combinación de estabilizantes como la cal, cemento, cenizas y otros.

### **Propiedades geotécnicas mejoran.**

#### **A. Estabilidad volumétrica.**

El suelo además de lograr extender su tamaño con relación al contenido de humedad y tipo de suelo, es prescindible el volumen sea permanente y sin variación bajo los efectos naturales.

#### **B. Resistencia mecánica.**

Es la virtud de los cuerpos del suelo que soporta los esfuerzos. Característica física que conduce la fuerza de cohesión, cuya fuerza va de la mano con él contenido de humedad, y el suelo a estudiar estas sean arcillas, arenas o limos.

#### **C. Permeabilidad.**

Es la cooperación del agua y aire con el que se transmite en el suelo mediante sus partículas, si el suelo tiene mayor permeabilidad originara mayor filtración.

#### **D. Comprensibilidad.**



Viene a ser la capacidad del suelo que reduce los espacios entre sus partículas este efecto va disminuyendo el volumen y así obtener una consistencia y resistencia máxima.

**Estabilización Química**, es muy importante para la ingeniería saber los diversos métodos de estabilización de suelos ya que todos estos métodos son muy importantes y eficaces para todo tipo de suelo. Se conoce algunos métodos con las siguientes alternativas:

- Cal: Este agente químico reduce la plasticidad en suelos arcillosos y es de bajo costo.
- Cemento Portland: Este agente químico sube la resistencia de un suelo y es usada en gravas finas o arenas.
- Emulsiones Asfálticas: Se usa usualmente para los materiales triturados que no tengan cohesión.
- Cloruro de Sodio: Este agente impermeabiliza y disminuye la creación de partículas en un suelo, necesariamente para las arcillas y limos.
- Escorias de Fundición: Se emplea principalmente en pavimentos flexibles para así aumentar la resistencia, y volverle impermeable y alargar la vida útil.
- Polímeros: Se emplea principalmente en pavimentos flexibles para así aumentar la resistencia, y volverle impermeable y alargar la vida útil.
- Caucho de Neumáticos: Se emplean principalmente en pavimentos flexibles para así aumentar la resistencia, y volverle impermeable y alargar la vida útil.

(Ravines Merino, 2010), para la mezcla de agentes químicos específicos, en la mayoría se usa cemento, ceniza volante, cal y asfalto y otros agentes químicos, con estos métodos de estabilización se requiere lograr la transformación de las propiedades mecánicas y físicas del suelo para así lograr una mejor cabida a la respuesta que requiere la carga dinámica (p.15). Estos estabilizadores químicos se dividen en tres categorías:

- Para proteger y hacerle impermeable los granos de un suelo o suministrar su solides cohesiva.
- Para establecer su adhesión cementante entre los fragmentos de un suelo; brindándoles fuerza y dures.
- Para los terrenos finos de arcillas; alteraran en la naturaleza de la combinación de agua y arcilla, lo que generara como respuesta una disminución de la plasticidad; si se llega a cambiar los volúmenes; se formaran uniones cementales puesto que así se mejorara su resistencia.

Según él (RNE C.E.020, 2006) la mezcla dependerá mucho de la clase de arcilla. Se adicionará de 2% a 8 % de cal con relación al peso seco del suelo, cuyo % se determinará en el laboratorio, realizando los Siguietes pasos:

- Considerar el % de la cal en relación del pH
- Realizar muestras para la prueba de compresión no reducida según su humedad optima y densidad máxima seca.
- Calcular el aumento de su resistencia del suelo al estabilizar con cal.
- Si se aumenta su resistencia, con el % de cal adicionado, llega a ser más de 3.5 kg/cm<sup>2</sup>, se hallará la variación de su resistencia para las muestras realizadas más 2% de cal.
- Calcular la cantidad de cal que se usara con el cual su resistencia no sea mayor en forma necesaria.
- Finalmente se realizará un gráfico de resistencia versus la cal en %

En todo análisis técnico, debe ser sustentado técnicamente que indiquen los objetivos de las mejoras que se obtuvieron adicionando cal hidratada, expresando abiertamente los % de las adiciones que se realizaron y los resultados alcanzados. Los agentes químicos que se utilizaran para la estabilización deben cumplir lo que indica la tabla n°5.

Tabla 5. Efectividad de los agentes estabilizadores.

TIPO DE SUELO	Arcillas Finas	Arcillas Gruesas	Limos Finos	Limos Gruesos	Arenas Finas	Arenas Gruesas
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 volumetrica	Muy pobre	Regular	Regular	Bueno	Muy bueno	Muy bueno
CAL	SI	SI	SI			
CEMENTO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
ASFALTO					SI	SI

Fuente: (RNE C.E.020, 2006).

**Estabilización Cal y Ceniza Volante**, (Cokca, 2001), Indica que la estabilización de suelos adicionados con ceniza volante es el efecto del cambio del catión con los fragmentos de la arcilla y aluminio, del calcio y el hierro dentro de las cenizas volantes. Las cenizas volantes proporcionan una matriz de cationes de mínimas condiciones ionizadas ya sean divalentes y trivalentes la cual genera la floculación de dispersión en la muestra arcillosa.

Una vez que el suelo arcilloso es combinado con la ceniza volante, presenta modificaciones en sus características a la hora de la compactación estas características son la densidad y contenido de humedad óptimo. Cuando se combinan el suelo el agua y la ceniza volante se realiza el proceso de hidratación los cuales generan elevados valores en la densidad.

Estos mecanismos de estabilización vienen enlazados n los cambios químicos

Las cenizas volantes provienen gracias a la ignición de las centrales termoeléctricas. La confección de distintos tipos de cenizas y la cantidad de carbón encontrado en las cenizas, es según al transcurso que se realiza en las diferentes termoeléctricas, las cenizas son muy finos que poseen silicatos, aluminio, cal y óxidos que permiten una respuesta puzolánica con las arcillas, igualmente reduce el efecto de expansión.

Si adicionamos un 25% de ceniza volante a un suelo su resultado es muy bueno y es de beneficio, agregando partículas de la ceniza volante a los suelos arcillosos y disminuye el LL Y IP. Las respuestas de las puzolanas aumentan la facultad de soporte del suelo y por lo tanto mejora la estructura de las carreteras.

Varios investigadores estudiaron de qué manera ayuda al suelo la estabilización con ceniza volante.

Acosta (2003), Hay tres mecanismos que ayudan a la estabilización, uno es el aumento de la resistencia del suelo gracias al cementación que produce mediante la hidratación debida a la presencia del aluminato que contiene las cenizas volantes. La cal libre (CaO) tiende a reaccionar con la combinación de minerales y arcillas, realizando una compresión en la capa y reduce su plasticidad. La cal libre que no tiende a cambiar con los minerales será para la cementación mediante la reacción de la puzolana.

Las cenizas volantes son las que poseen una mínima cabida de cal y una mayor cabida de sílice, ya que para la utilización en la estabilización de suelo necesita un activador que es el cal. La cal como agente estabilizador produce la reacción puzolanica, y la ceniza volante aumenta la sílice y alúmina.

(Rico Rodrigues, 2014), Hay dos tipos de investigación una es con cal hidratada y la otro es el cemento su efecto es mas en materiales arcillosos.

La forma más correcto de utilizar la cal en la estabilización de suelos es la cal hidratada, ya que la cal viva mayormente se usa en los pre tratamientos en los suelos húmedos, la característica más importante que tiene la cal viene hacer la presencia de silicatos de calcio que se crean una vez que se combinan la cal con los minerales de la arcilla y a si crear compuestos cementales.

La cal y el suelo reaccionan de dos diferentes formas:

- Es de forma rápida y tiene una atracción de iones de calcio este proceso se realiza por el aumento de concentración de cationes en el agua y también se ocasiona otro efecto que ocurre a la hora de la expansión de la doble capa por portar un alto Ph de cal.
- Demora y no es de inmediato la reacción, se denomina reacción cementante ya que no es muy desarrollada, es cuando se interrelacionan los iones de calcio con la cal y se puede reforzarse al añadir con otro agente químico.

El MTC según el manual de carreteras nos da la tabla para seleccionar el tipo de estabilizador para cada tipo de suelo.

Tabla 6. Guía para la selección del tipo de estabilizador.

AREA	CLASE DE SUELO	TIPO DE ESTABILIZADOR RECOMENDADO	RESTRICCIÓN EN LL Y IP DEL SUELO	RESTRICCIÓN EN EL PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA 200	OBSERVACIONES
1A	SW o SP	(1) Asfalto			
		(2) Cemento portland			
		(3) Cal-Cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
1B	SW -SM o SP - SM o SW - SC o SP - PC	(1) Asfalto	IP no excede de 10		
		(2) Cemento portland	IP no excede de 30		
		(3) cal	IP no excede de 12		
		(4) Cal-Cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
1C	SM o SC o SM-SC	(1) Asfalto	IP no excede de 10	no debe exeder el 30% en peso	
		(2) Cemento portland	(b)		
		(3) cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		

Fuente: US Army Corps of Engineers.

### **III: METODOLOGIA**

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño

##### 3.1.1. Tipo

- Por enfoque:

Se tienen dos tipos de enfoque de investigación la cuantitativa y cualitativa, en los dos tipos de enfoques se procesan lo empírico y metódico, el enfoque cuantitativo es el que lleva una secuencia y etapas y cada etapa tiene precedencia de la siguiente, de las preguntas se realizan la hipótesis y luego se hallan las variables estas variables deben de ser medibles. Las cualitativas son las que desarrollan las preguntas o hipótesis en cualquier orden se concluye que el enfoque cualitativo indaga primeramente la separación o crecimiento de los datos o información mientras que el cuantitativo anhela, acota voluntariamente la información (la medición de los variables del estudio con mucha exactitud. (Hernández, y otros, 2014)

La presente investigación viene hacer de enfoque **CUANTITATIVO** puesto que se emprende la recolección y estudio de los datos para responder las interrogaciones y resolver las hipótesis, cuyas variables son medibles.

- Por su aplicación:

Se llaman aplicadas porque se basan en los resultados de la investigación básica, pura o fundamental, de las ciencias naturales y sociales, que hemos visto, se formulan problemas e hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida social de la comunidad regional o del país. (Ñaupas Paitán, y otros, 2018 pág. 138)

La técnica es el procedimiento o conjunto de normas para alcanzar un objetivo o meta en la producción de bienes u objetos materiales o servicios como la educación la salud; mientras que la tecnología es el tratado científico de todas las técnicas para la producción de bienes o servicios, de un determinado sector; así por ejemplo tenemos la tecnología de la panificación, la tecnología de la calzadura, la tecnología automovilística, la tecnología militar, la tecnología educativa, la tecnología de la salud, de la informática, etc. (Ñaupas Paitán, y otros, 2018 pág. 137).

La presente investigación de acuerdo con su aplicación es **APLICADA** puesto que se basará a los resultados obtenidos en el laboratorio y alcanzar el propósito de incremento de la resistencia del suelo arcilloso.

### 3.1.2. Diseño

El diseño de investigación se define básicamente en el plan y la estructura de un estudio y existen dos tipos de diseño el no experimental y experimental, el no experimental se divide en transversales y longitudinales y es cuando no se manipula la variable y no tiene relación causa – efecto experimental mientras el experimental se dividen en pre experimentales, cuasi experimentales y experimental y es cuando se manipula la variable y tiene relación causa - efecto experimental.

se considera el nivel cuasi- experimental debido a que se maniobra de manera voluntaria un acto para examinar las respuestas viables y cuando la investigación resuelve la relación causa – efecto, la hipótesis tiene que ser autentico siempre y cuando las maniobras de las variables independientes ocasionen cambios en el comportamiento de la variable dependiente. (Hernández, y otros, 2014).

Según este análisis, el diseño a aplicar en la presente investigación será diseño ***cuasi – experimental***.

### 3.2. Variables de operacionalización

“La operacionalización; es una sucesión al orden de la variable teoría, de forma que la definición conceptual, la operacionalización de la variable y los indicadores lleguen a ser sustentados de una forma que se puedan verificar empíricamente, su medición y semejanza que lleva el nombre de operacionalización (Hernández, y otros, 2014 pág. 214)

La variable, se puede determinar cómo constructor o construcciones hipotéticas, por lo cual económicamente se llega a determinar el precio la investigación científica cuando se llega a vincular con las variables, de esta forma se dará lugar que se organicé una teoría y una hipótesis. De este modo se puede desarrollar un dominio y puede variar y esta variación que se llegara a realizar una observación o medición del dominio (Hernández, y otros, 2014 pág. 105).



Por lo tanto, las variables de la investigación que se está realizando son:

#### 3.2.1. Variable 1: Cal y ceniza volante

“define que la **variable independiente**: es aquella que dentro de una hipótesis representa la consecuencia, el efecto, el fenómeno que se estudia.” (Ñaupas Paitán, y otros, 2018 pág. 190).

#### 3.2.2. Variable 2: Estabilización de suelos arcillosos

“define que la **variable dependiente**: es aquella que dentro de una hipótesis representa la consecuencia, el efecto, el fenómeno que se estudia.” (Ñaupas Paitán, y otros, 2018 pág. 190).

#### 3.2.3. Matriz de operacionalización

Ver anexo N° 1

### **3.3. Población, muestra y muestreo.**

#### 3.3.1. Población

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 174), describe que: la población realiza una vinculación a la narración y/o referencia a las diversas particularidades en diversos casos y diversas formas (Objetos e Individuos) que las investigaciones poseen, así mismo hace llegar el alcance que todos los tienen que estar relacionados entre sí.

Según (Tapia B, 2000 pág. 10), describe que: la población llega a constituirse la totalidad de un grupo de elementos u objetos que se requieran investigar, el conjunto de todos los casos concuerda como que se pretenda investigar y la muestra es parte de la población. Que cuando se selecciona los elementos de investigación sobre una población determinada, con esto nos referimos a este grupo como elementos de muestra.

Por lo anteriormente indicado, la población para la presente investigación está conformada por los suelos arcillosos de la carretera vecinal Acora – Jayujayu, del distrito de acora provincia de puno.

### 3.3.2. Muestra

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 175), menciona que la muestra es un sub conjunto de la población que llega a representar o es parte de las particularidades que tiene población.

La carretera tiene una longitud en Km de 21+200. La muestra fue constituida por el tramo de la carretera del Km 17+600 al Km 19+600 (2.0 km), se escogió este tramo por que presenta más fallas en la superficie de rodadura, de la misma forma según el Manual de Carreteras 2014 para este tipo de vías se requiere 1 calicata por 1Km el cual se adecua a las necesidades como investigadores, el mismo que presenta el suelo arcilloso de acuerdo con la clasificación AASTHO Y SUCS, se efectuara 3 calicatas y para la evaluación de la estabilidad del suelo se efectuara 4 dosificaciones que se detallan a continuación.

D1: 0%C + 0%CV

D2: 5%C + 10%CV

D3: 5%C + 13%CV

D4: 5%C + 16%CV

Con las dosificaciones indicadas se efectuará las siguientes briquetas y/o Pruebas

Tabla 7. Numero de ensayos y dosificaciones

N°	Descripción	Numero de ensayos por Dosificaciones			
		0%C + 0%CV	5%C + 10%CV	5%C + 13%CV	5%C + 16%CV
1	Resistencia a la compresión no confinada (Kg/cm <sup>2</sup> )	3	3	3	3
2	Máxima densidad seca compactada %. (Proctor)	4	4	4	4
3	California bearing Ratio % (CBR)	3	3	3	3
4	Límites de contracción	1	1	1	1
5	Humedad Optima de Compactación. (%).	4	4	4	4

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3. Muestreo

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 189), define que el muestreo no probabilístico, se considera un método de una elección encaminado por las propiedades de la indagación, aunque el principio descriptivo de propagación. Para la ventaja desde la visión cuantitativa, es la productividad para precisos proyectos de análisis que solicitan no tanto a los específicos componentes de una población. El muestreo en la investigación, es de tipo no probabilístico intencional, ya que no se utilizan los métodos estadísticos y la muestra no fue designada al azar de tal modo se ha realizado la elección de muestra.

Por lo indicado anterior mente el muestreo para la presente investigación fue de tipo no probabilístico por que la muestra se ha establecido por requerimiento normativo

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

### 3.4.1. Técnica

Según (Alan Neil, y otros, 2018 pág. 74), señala que: la observación directa, lo cual que por su objeto u fenómeno del estudio por el hecho que el averiguador tiene un contacto directo, lo cual, se evidencia con sus propias visitas el comportamiento del fenómeno, son obligación que otro personal lo reporten, por él es que el investigador científico que lo guía y lidera la observación.

Según (Zumarán Alayo, 2017 pág. 75), describe que la técnica es la destreza en la que se base el investigador con la finalidad de poder obtener datos que nos permitirán conocer las variables, que estos pueden ser de una observación directa, entrevistas o encuestas.

Por lo cual la investigación se realizará de una manera **de observación directa**

### 3.4.2. Instrumentos

Según (Ñaupas Paitán, y otros, 2018 pág. 274), define que todo instrumento de recolección de datos posee una estructura sistemática, secuencial, ordenada, en íntima relación con la variables y indicadores de la hipótesis

Según (Zumarán Alayo, 2017 pág. 75), define que los instrumentos son una herramienta en lo que se apoya a las necesidades del investigador con una finalidad de poder llegar a recopilar y registrar una serie de variedad de datos obtenidos estos pueden ser, listas, fichas, cuestionarios.

Por lo tanto, para la presente investigación se utilizará como instrumento de recolección de datos las fichas técnicas, que nos permitirá recolectar los datos de los distintos indicadores de la variable dependiente.

Las fichas serán las siguientes:

- Ficha técnica N° 1. Resistencias a la compresión no confinada (ver Anexo N° 3)
- Ficha técnica N° 2. Máxima densidad seca compactada (ver Anexo N° 3)
- Ficha técnica N° 3 California Bearing Ratio (ver Anexo N° 3)
- Ficha técnica N° 4 Cambios volumétricos (ver Anexo N° 3)
- Ficha técnica N° 5 Humedad optima de Compactación (ver Anexo N° 3)
- Ficha técnica N° 6 Limites de consistencia (ver Anexo N° 3).

### 3.4.3. Validez (por juicio de expertos):

Según (Ñaupas Paitán, y otros, 2018 pág. 276), define que la validez es la pertinencia de un instrumento de medición, para medir lo que se quiere medir; se refiere a la exactitud con que el instrumento mide lo que se propone medir, es decir, es la eficacia de un instrumento para representar, describir o pronosticar el atributo que le interesa al examinador.

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 189), define la validez es un procedimiento para medir el rendimiento especulable tiene que calcular precisamente esto y no la imagen de la empresa. Así también se explica la categoría de una herramienta que calcula ciertamente la variable que solicita calibrar

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 204), referencia que la valides por expertos la cual se refiere al grado en que aparentemente un instrumento mide la variable en cuestión, de acuerdo con “voces calificadas”. Se encuentra vinculada a la validez de contenido y, de hecho, se consideró por muchos años como parte de ésta.

*Tabla 8. Validación,*

0.53 a menos	Valides nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Las validaciones de los instrumentos para la investigación por juicio de expertos mediante la tabla N° 8 de validación

Experto N° 1 Ing. Frank Reynaldo Pérez Limachi, ver anexo N° 3

Experto N° 2 Ing. Wilber William Quenta Ticona, ver anexo N° 3

Experto N° 3 Ing. Alex Luis Gomez Calla, ver anexo N° 3

Certificado de calibración de principales equipos de laboratorio.

### **3.5. Procedimientos**

#### **Etapa 1: estudio de los suelos**

- Ubicación de las calicatas: están ubicadas en el km 17+600 al km 19+600 de la carretera vecinal del tramo Jayujayu – Acora del distrito de Acora provincia de Puno departamento de puno.
- Toma de muestra y registro: la muestra que se tomo es de tres calicatas una cantidad de 300 kg para realizar los ensayos.
- Entrega de la muestra al laboratorio. Para realizar los respectivos ensayos de laboratorio se transportó en un automóvil la muestra, esta es obtenida de las calicatas y se transportó hacia el laboratorio ubicado en la ciudad de puno para realizar los ensayos correspondientes.

**Etapa 2:** Recolección de materiales de investigación (cal y ceniza volante).

- La recolección de la ceniza volante: la muestra se obtuvo de la central termoeléctrica de Ilo, situado en la ciudad de Ilo en el departamento de Moquegua exactamente a 348 Km de la ciudad de Puno. Viene hacer la primera planta del Perú a nivel nacional que funciona con carbón y produce un total de 141.83 megawatts. Esto se inicia con la llegada de barcos de 70,000 TN de capacidad, que desembarcan en el muelle que es de la misma empresa ubicada a casi 1 km. Los trabajos de transporte del carbón son agilizados por volquetes hacia las canchas de carbón que tienen una capacidad de 2000,000 TN. (Quiroz, 2005). Las características físicas y químicas son las siguientes según la norma ASTM C 618 establece que, la Ceniza volante principalmente se puede clasificar en dos tipos, de clase C y clase F. Estas clasificaciones principalmente dependerán del porcentaje de sílice (SiO<sub>2</sub>), alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), y el óxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Los agentes artificiales que se utiliza ambos tipos de ceniza volante se detallan en la Tabla 9

Tabla 9. Requerimientos Químicos de Ceniza Volante de acuerdo a ASTM C 618

Composición Química		Clase	
		F	C
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Min %	70	50
SO <sub>3</sub>	Max %	5	5
Contenido de Humedad	Max %	3	3
Perdida por Ignición	Max %	6	6

Fuente: Pérez Collantes, Roció (2012)

- Recolección de la cal: la cal hidratada se obtuvo de una de las ferreterías ubicada en el departamento de Puno de fabricación de la compañía ECOCAL con sede de fabricación Puente piedra, Lima Perú cuya características físicas y químicas son las siguientes:

Las características físicas y químicas de la cal:

- ✓ Calcio Aprovechable como CaO: 67% - 73%
- ✓ Calcio Aprovechable como Ca(OH)<sub>2</sub>: 88.5% - 96%

- ✓ Óxido de Magnesio en porcentaje (%MgO): 0.27% - 0.56%
- ✓ Óxido de Hierro (III) (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): 0.03% - 0.08%
- ✓ Óxido de Silicio (IV) (SiO<sub>2</sub>): 0.05%-1.16%
- ✓ pH: 12/14.
- ✓ Retenido en malla 200: 7 % Máx.
- ✓ Humedad: 3%

- **Cantidad ceniza volante y cal:** la cantidad de la ceniza volante que se utilizó en esta investigación es de 39% equivalente a 117.00 kg, y la cantidad de cal que se llega a utilizar el de 9% equivalente a 27.00 kg.

**Etapas 3:** mezcla de suelo arcilloso, ceniza volante y cal.

Una vez que se obtuvo la muestra arcillosa de las tres calicatas del suelo natural de 300kg se lleva a secar en horno y posteriormente se almacena en bolsas de plástica, para homogenización y la combinación y/o mezclado del suelo, ceniza volante y cal se mide en peso respectivamente de acuerdo a las proporciones que se indican en la siguiente tabla:

*Tabla 10.* Porcentaje de suelo, ceniza volante y cal.

MATERIAL/MEZCLA	SUELO ARCILLOSO %	% DE CENIZA VOLANTE	% DE CAL	SIMBOLOGIA
SUELO NATURAL	100	0	0	S
DOSIFICACIÓN N° 1	87	10	5	S87/10CV/5C
DOSIFICACIÓN N° 2	84	13	5	S84/19CV/5C
DOSIFICACIÓN N° 3	81	16	5	S81/10CV/5C

Fuente: Elaboración propia 2021

**Etapas 4:** Preparación de briquetas y/o especímenes:

Las briquetas para Proctor modificado que se realizó son 4 para cada dosificación total vienen hacer 16 briquetas. Para el ensayo de CBR se realizó 3 briquetas para cada dosificación en total se tendría 12 briquetas, para la

resistencia al corte no confinada se utilizó 4 briquetas para cada dosificación total de briquetas 12.

#### **Etapa 5: ensayos de laboratorio realizados**

La muestra del suelo arcilloso, ceniza volante y cal fue sometida a los ensayos:

##### **a) Ensayo de compresión simple no confinada.**

La finalidad es determinar el esfuerzo máximo, se realizó según como indica la norma ASTM D 2166. Este ensayo de compresión no confinada se ejecutó con las combinaciones de 0%, 10%, 13%, 16% de ceniza volante y 5% de cal esta última constante para cada muestra.

##### **b) Proctor modificado**

La finalidad es calcular la máxima densidad seca; entender lo que es la humedad óptima y la sujeción de los dos factores, se realizó según como indica la norma ASTM D 1557-12E1 Y MTC E- 115-2000. Este ensayo de proctor modificado se ejecutó con las combinaciones de 0%, 10%, 13%, 16% de ceniza volante y 5% de cal esta última constante para cada muestra.

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

La finalidad es calcular el índice relativo de soporte de un suelo en condiciones de densidad controlada en un suelo inalterado y en suelos combinados, el procedimiento establecido según la norma ASTM D1883 Y MTC E 111-2017. Se realizó el ensayo de C.B.R al 0%, 10%, 13%, 16%, de Ceniza Volante y Cal en un 5% (Cte) para cada muestra en las distintas dosificaciones.

##### **d) Límite de contracción**

La finalidad es determinar el potencial de contracción de un suelo, se realizan según las normas ya indicadas de la ASTM D 2166, NTP 339.140 Y MTC –E 111-2017. Este ensayo del límite de contracción se llevará a cabo al 0%, 10%, 13%, 16%, de ceniza volante y 3% de cal constante para los 4 tipos de muestras dosificadas.



### e) Límites de atterberg.

- **Limite Líquido**

La finalidad es adquirir el contenido de humedad enunciado en porcentaje cuando este se encuentre en el límite del estado plástico y estado semilíquido, se realizan según las normas ya indicadas de la ASTM D 1241 y NTP 339.129. Este ensayo del límite líquido se llevará a cabo al 0%, 10%, 13%, 16%, de ceniza volante y 5% de cal constante para los 4 tipos de muestras dosificadas.

- **Limite Plástico**

La finalidad es adquirir el contenido de humedad enunciado en porcentaje cuando este se encuentre en el límite del estado plástico y estado semilíquido, se realizan según las normas ya indicadas de la ASTM D 1241, NTP 339.129 Y MTC –E 111-2017. Este ensayo del límite líquido se llevará a cabo al 0%, 10%, 13%, 16%, de ceniza volante y 5% de cal constante para los 4 tipos de muestras dosificadas.

El índice plástico accede a realizar una clasificación bastante buena en un suelo, un índice plástico alto es propio de un suelo con mucha plasticidad, y si un suelo tiene un índice plástico bajo pertenece a un suelo de baja o nada de plasticidad como se puede observar en tal tabla siguiente:

*Tabla 11. Suelos según el índice de plasticidad.*

<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	<b>CARACTERISTICA</b>
IP > 20	Suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	Suelos arcillosos
10 > IP > 4	Suelos poco arcillosos
IP = 0	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Carreteras (MTC 2013)

## **VI: RESULTADOS**

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Desarrollos del procedimiento.

#### Ubicación y descripción del lugar de estudio

La presente tesis “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA – JAYUJAYU, ACORA PUNO 2021”. se encuentra ubicado en la provincia de Puno. El territorio provincial presenta una configuración topográfica llana.

La zona de estudio políticamente se encuentra ubicado en:

- Departamento : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Acora

En su tramo integral atraviesa los Centros Poblado de (Chancachi, Copaquira, huantacachi-chila y Jayujayu). El presente tramo comprende 21+200 Km y el estudio de la Carretera del Kilómetro 17+600 al 19+600, perteneciente al código PU 1138 Y PU – 1144 como carretera vecinal.

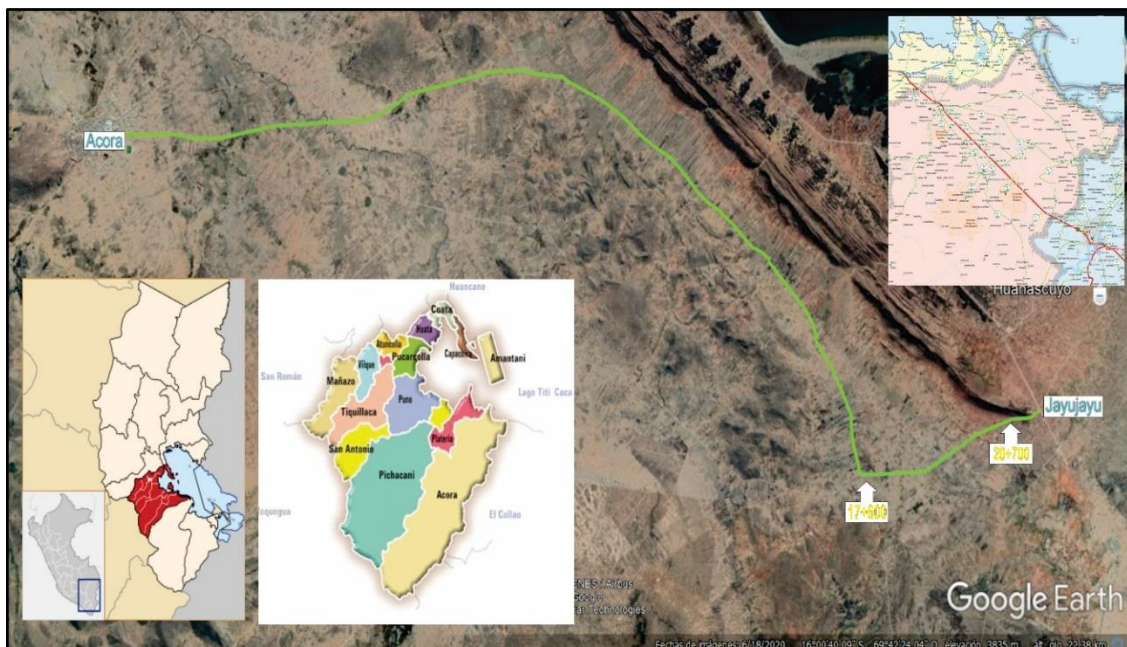


Figura 12. Ubicación del estudio de tesis

Fuente: Elaboración propia

**Etapa 1:** estudio de los suelos.

Se realizaron 3 calicatas se realizó con distancias de 1km en el km 17+600



*Figura 13.* Extracción de material calicata N° 3

Fuente: elaboración propia



*Figura 14.* Calicata N° 01 (extracción de material)

Fuente : elaboración propia



*Figura 15. Calicata N° 02 (extracción de material).*

Fuente: elaboración propia.

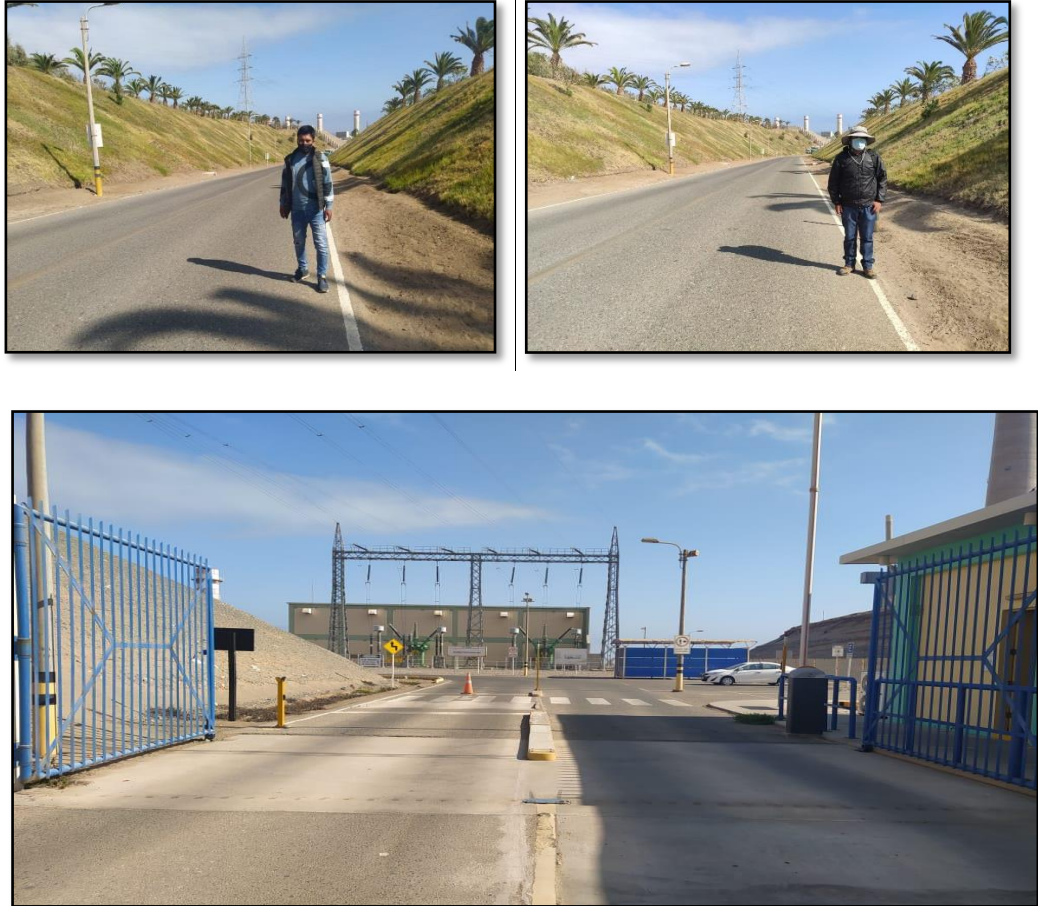


*Figura 16. Calicata N° 03 (extracción de material)*

Fuente: elaboración propia.

**Etapas 2:** Recolección de materiales de investigación (de la cal y ceniza volante).

- La recolección de la ceniza volante: la muestra se obtuvo de la central termoeléctrica de Ilo , situado en la ciudad de Ilo en el departamento de Moquegua exactamente a 348 Km de la ciudad de Puno



*Figura 17.* Visita a la central termoeléctrica de Ilo 21.

Fuente elaboración propia



*Figura 18.* Obtención de la Ceniza Volante

Fuente: elaboración propia.

- Recolección de la cal: la cal hidratada se obtuvo de una de las ferreterías ubicada en el departamento de puno de fabricación de la compañía CAL NIEVE con sede de fabricación de Comas, Lima Perú



*Figura 19.* Obtención de la cal.

Fuente elaboración propia

**Etapla 3:** mezcla de suelo arcilloso, ceniza volante y cal.

- Una vez reunidos todos los materiales para realizo la combinación y/o mezclado del suelo arcilloso, ceniza volante y cal se mide en peso respectivamente de acuerdo a las proporciones que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 12. Combinaciones y/o mezclado.

MATERIAL/MEZCLA	SUELO ARCILLOSO %	% DE CENIZA VOLANTE	% DE CAL
SUELO NATURAL	100	0	0
DOSIFICACIÓN N° 1	87	10	5
DOSIFICACIÓN N° 2	84	13	5
DOSIFICACIÓN N° 3	81	16	5

Fuente: elaboración propia

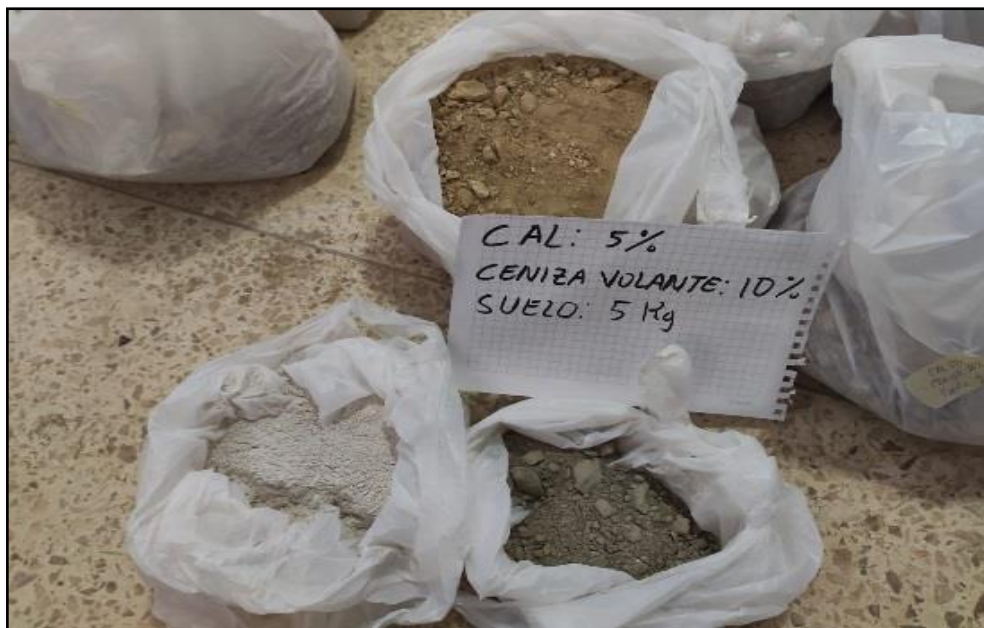


Figura 20. Proporciones de suelo arcilloso más cal al 5% y ceniza volante de 10%

Fuente: elaboración propia



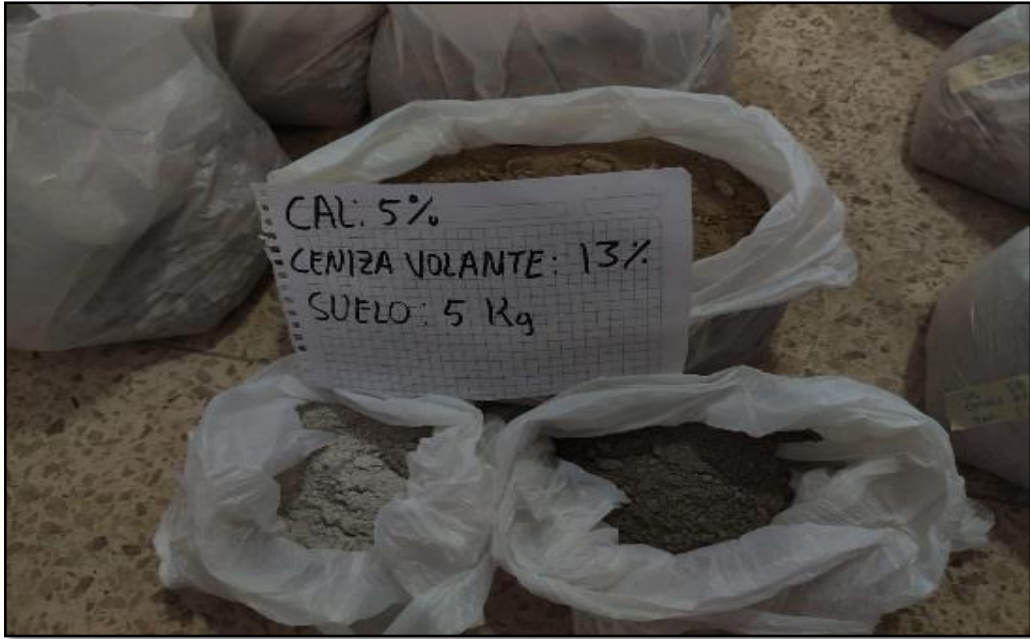


Figura 21. Proporciones de suelo arcilloso más cal al 5% y ceniza volante de 13%

Fuente: elaboración propia

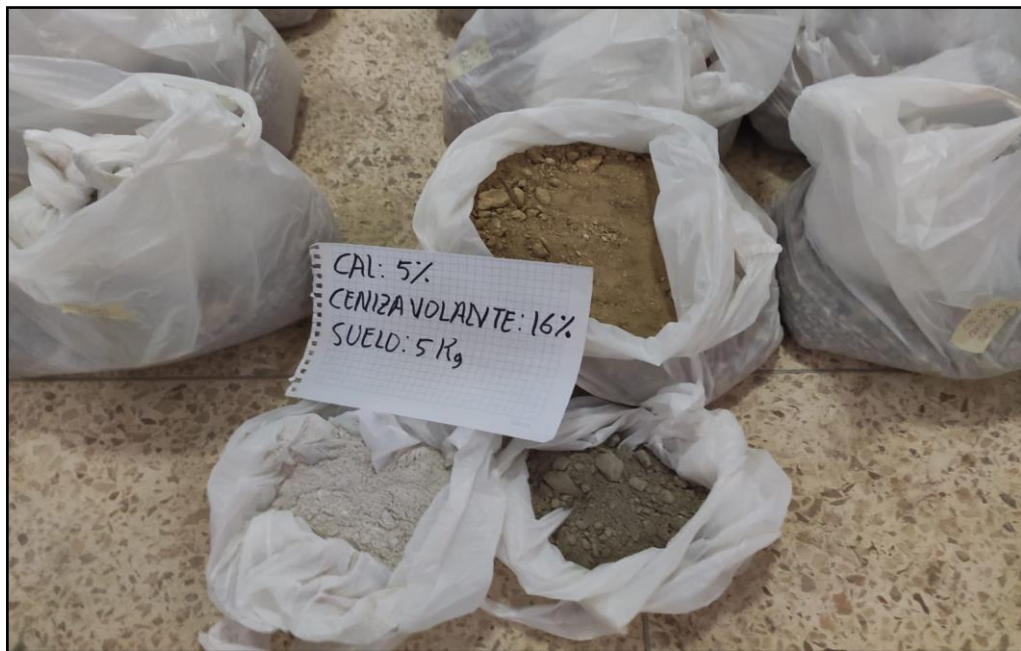


Figura 22. Proporciones de suelo arcilloso más cal al 5% y ceniza volante de 16%.

Fuente: elaboración propia



Figura 23. Mezclado del suelo más cal y ceniza volante.

Fuente: elaboración propia

Ya teniendo las proporciones para el mezclado se realizó el mezclado del suelo arcilloso, cal y ceniza volante.

**Etapas 4:** Preparación de briquetas y/o especímenes:

- se realizaron varias briquetas para la realización de los ensayos de Proctor modificado, CBR y ensayo de resistencia al corte no confinada como lo indica el siguiente Tabla:

Tabla 13. Numero de briquetas por cada tipo de ensayo.

	ENSAYO		
	Proctor modificado	CBR	Resistencia al corte no confinada
Dosificación n° 1 S100/0CV/0C	4	3	3
Dosificación n° 2 S87/10CV/5C	4	3	3
Dosificación n° 3 S84/13CV/5C	4	3	3
Dosificación n° 4 S81/16CV/5C	4	3	3
<b>N° TOTAL DE BRIQUETAS</b>	16	12	12

FUENTE: Elaboración propia 2021



*Figura 24.* Enrazado de la briqueta de Proctor modificado.

Fuente: elaboración propia



*Figura 25.* Enrazado de la briqueta de Proctor modificado.

Fuente: elaboración propia.



*Figura 26.* Briquetas del ensayo de CBR

Fuente: elaboración propia



*Figura 27.* Briquetas del ensayo de CBR

Fuente: elaboración propia



Figura 28. Briquetas del ensayo de corte no confinada

Fuente: elaboración propia

## **Etapas 5: Ensayos de laboratorio realizados**

### **a) Compresión no confinada**

Se tomó una muestra de un aproximado de 3kg para las cuatro dosificaciones, esta muestra se extrajo a un molde pequeña de tipo cilíndrico de 10cm de diámetro y altura de 20 centímetros se colocó la muestra en cuatro capas cuyo peso es igual, se llegó a compactar en cuatro capas según el peso en la prensa con la ayuda de una gata hidráulica y una probeta, con el extractor de muestras se prosigue a extraer la probeta, luego de retirar la muestra se llega a pesar en una balanza obteniendo el peso de la muestra se lleva la muestra a la máquina de compresión en este método se aplica 5 deformaciones que es de 0.005, en micrómetros 5 de 0.010 y el resto de 0.050 en un intervalo de tiempo de 15 seg, finalmente cuando la muestra falle, esto quiere decir cuando el micrómetro de carga empieza a disminuir y observamos que la muestra falla pasamos a medir dichas dimensiones como el diámetro del centro y la altura de muestra.



*Figura 29. Colocado de muestra en cuatro capas*

Fuente: elaboración propia



*Figura 30. Compactado en el molde.*

Fuente: elaboración propia.



*Figura 31.* Retirado la muestra y molde de la prensa.

Fuente: elaboración propia



*Figura 32.* Extracción de la muestra.

Fuente: elaboración propia



*Figura 33.* Pesado de muestra.

Fuente: elaboración propia



*Figura 34.* Colocado en la máquina de compresión.

Fuente: elaboración propia





Figura 35. Se observa la falla de la briqueta.

Fuente: elaboración propia

Los resultados que nos entregaron el laboratorio para las cuatro dosificaciones

Son los siguientes:

- Dosificación 1: 0%C + 0%CV

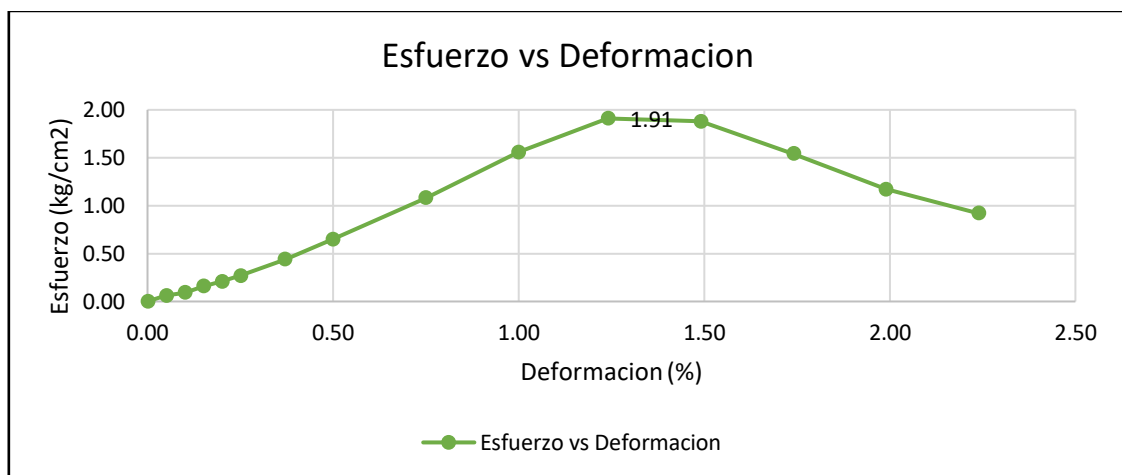


Figura 36. Espécimen A 1.91 kg/cm<sup>2</sup>.

Fuete: elaboración propia

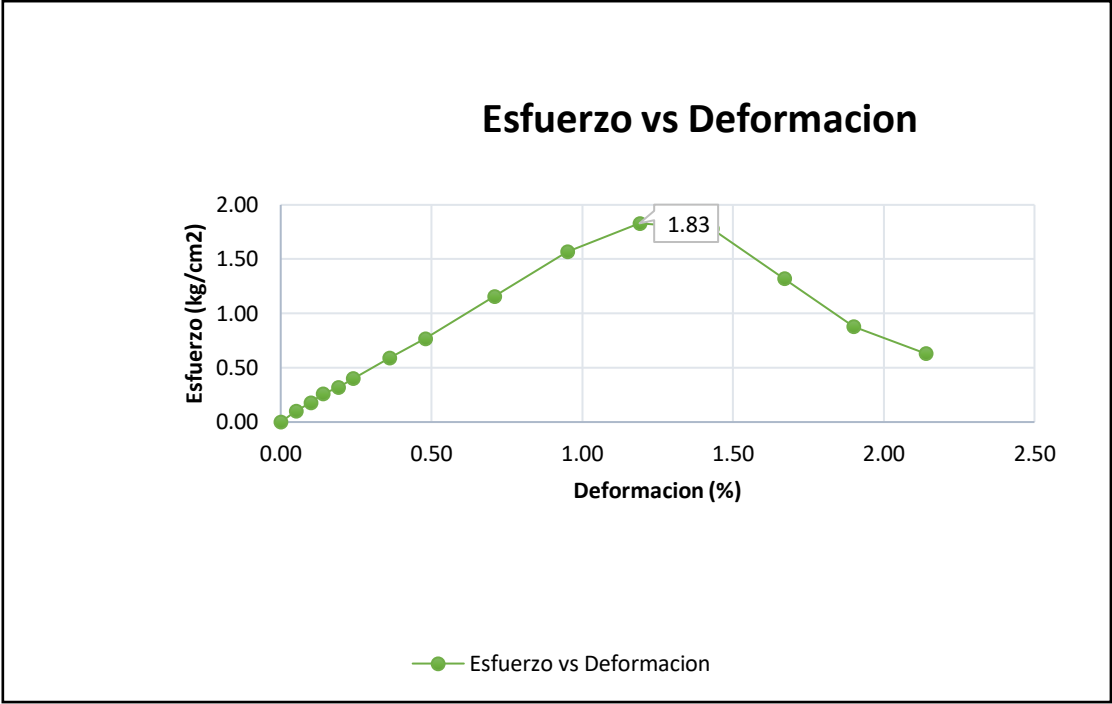


Figura 37. Espécimen B esfuerzo 1.83 kg/cm<sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia

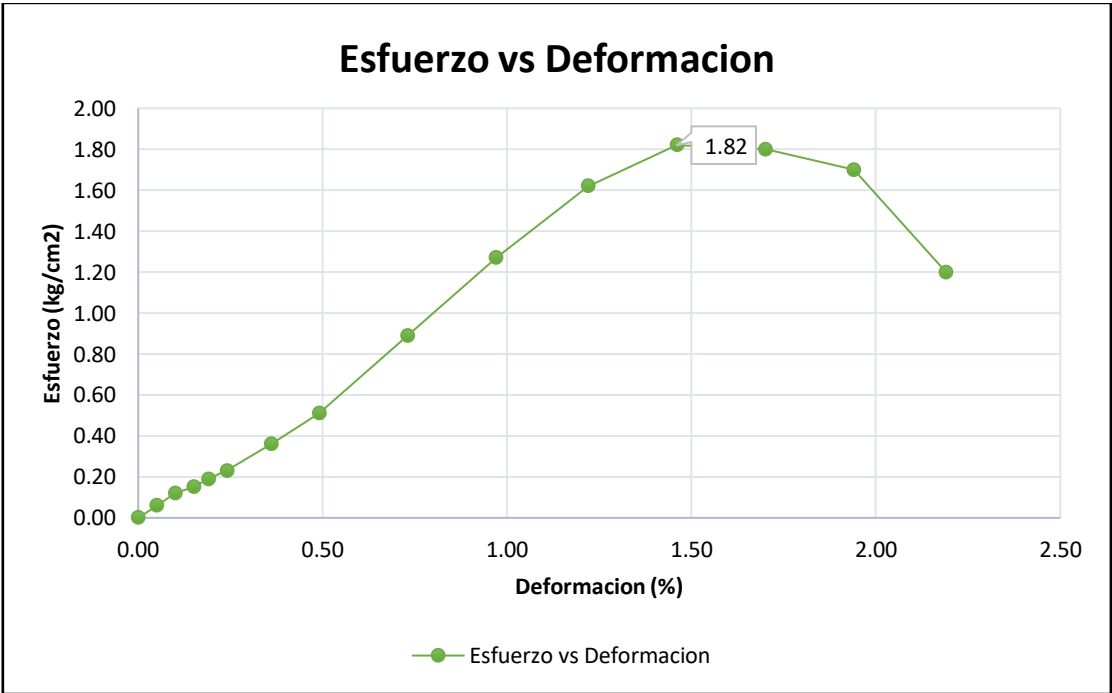


Figura 38. Espécimen C esfuerzo 1.82 kg/cm<sup>2</sup>.

Fuente: elaboración propia

- Dosificación 2: 5%C + 10%CV

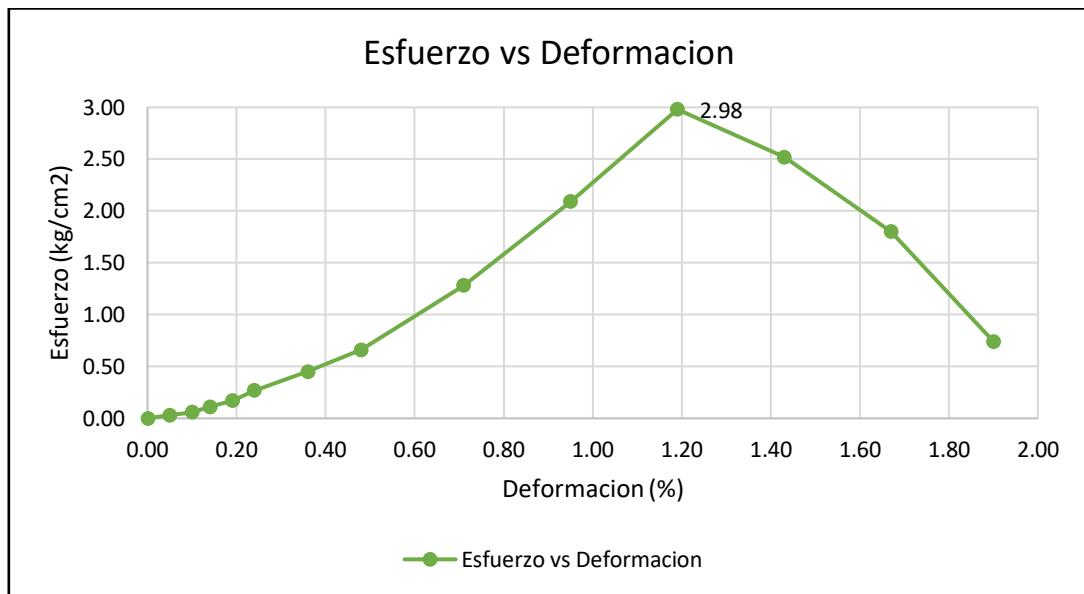


Figura 39. Especimen A esfuerzo 2.98 kg/cm<sup>2</sup>.

Fuente: elaboración propia

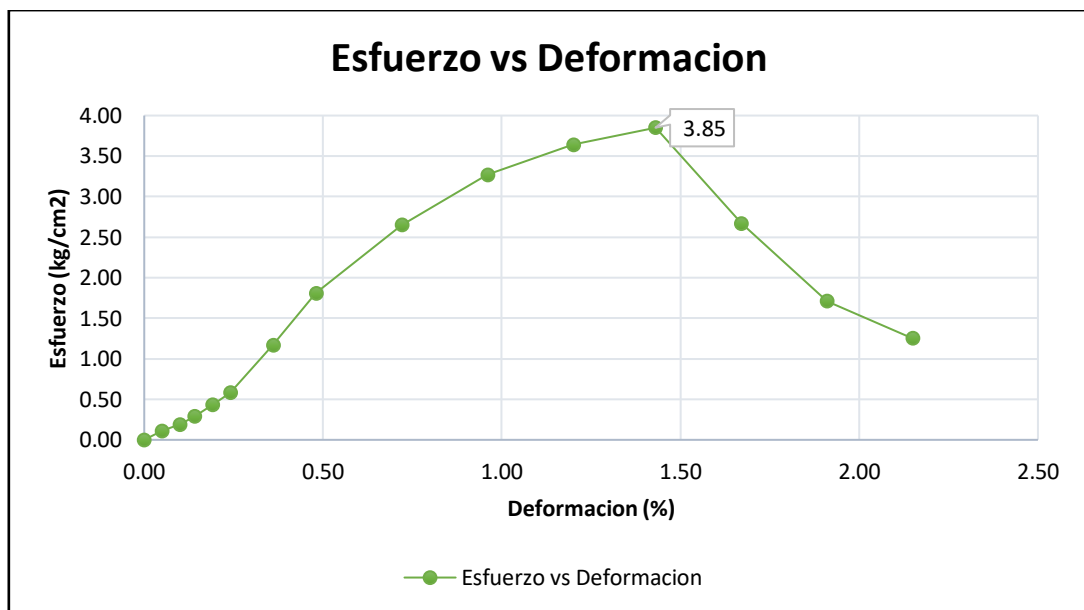


Figura 40. Especimen B esfuerzo 3.85 kg/cm<sup>2</sup>.

Fuente: elaboración propia

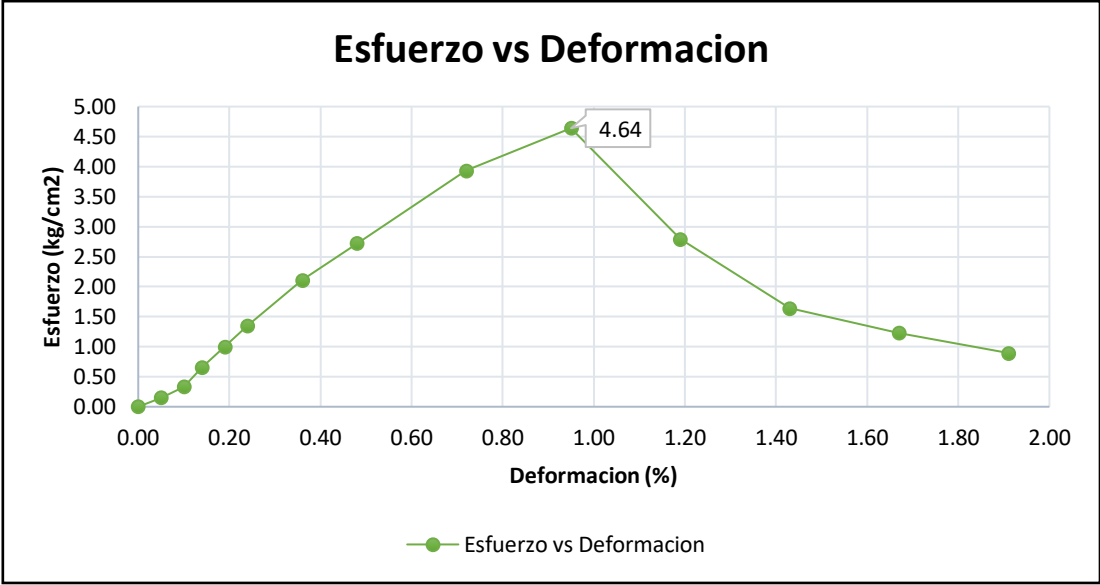


Figura 41. Especimen C esfuerzo 4.64 kg/cm<sup>2</sup>.

Fuente: elaboración propia

- Dosificación 3: 5%C + 13%CV**

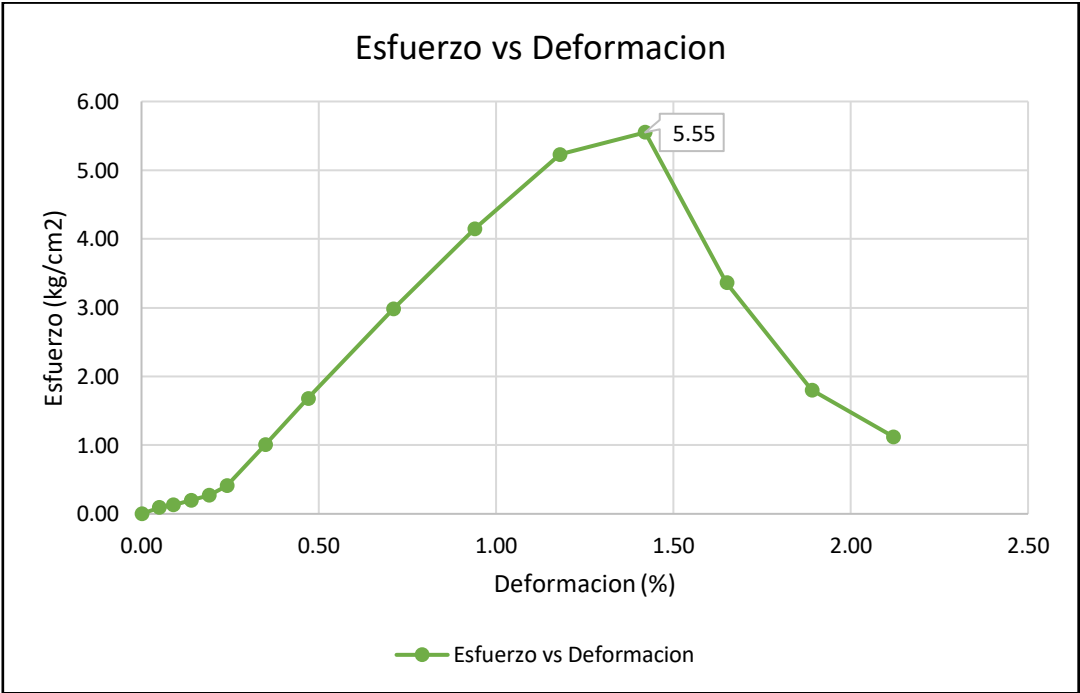


Figura 42. Especimen A esfuerzo 5.55 kg/cm<sup>2</sup>.

Fuente: elaboración propia

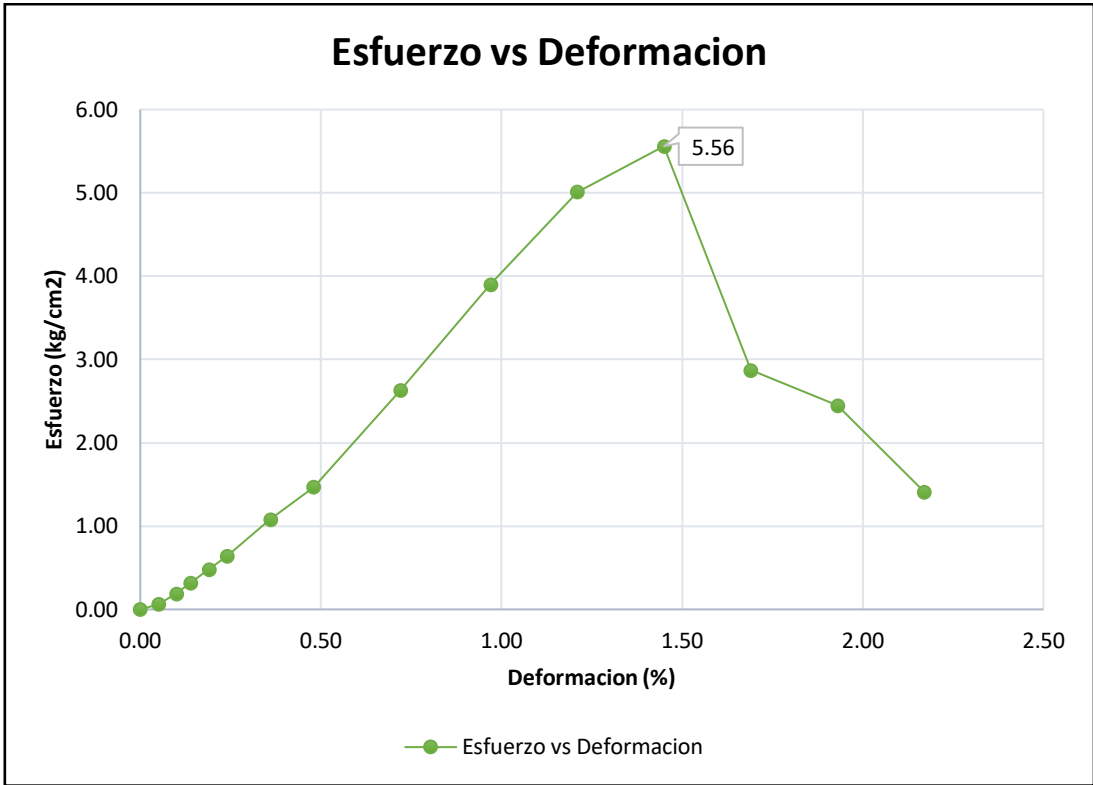


Figura 43. Espécimen B esfuerzo 5.56 kg/cm<sup>2</sup>.

Fuente: elaboración propia

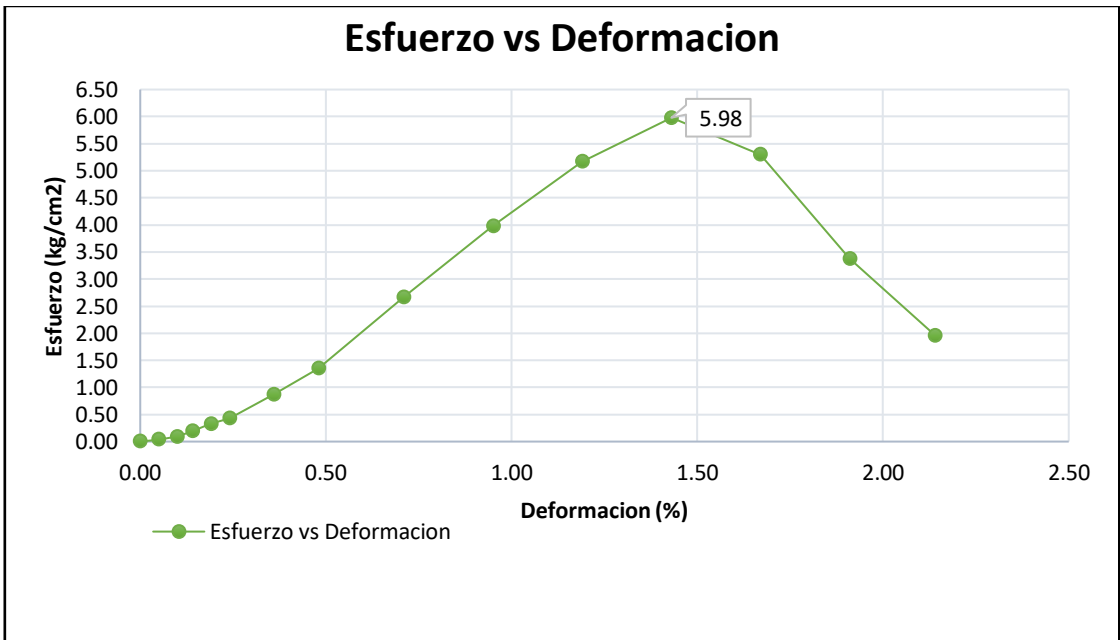


Figura 44. Espécimen C esfuerzo 5.98 kg/cm<sup>2</sup>.

Fuente: elaboración propia.

- **Dosificación 4: 5%C + 16%CV**

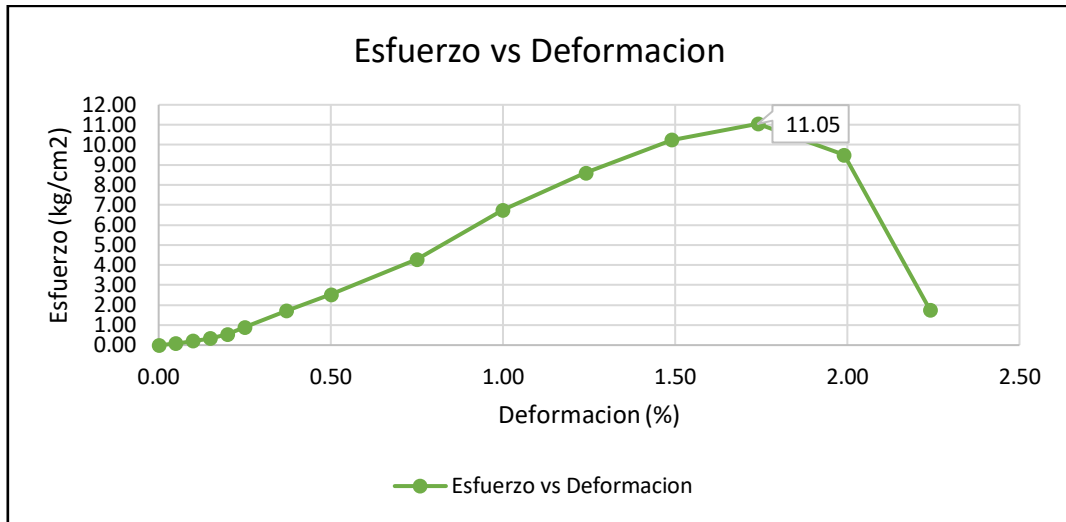


Figura 45. Especimen A esfuerzo 11.05 kg/cm<sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia

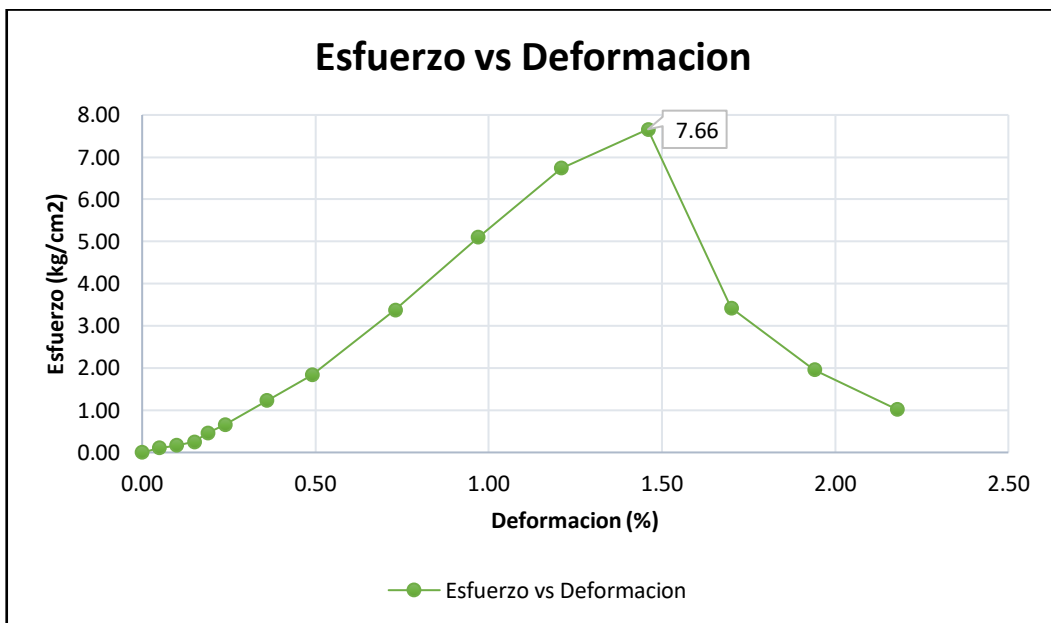


Figura 46. Especimen B esfuerzo 7.66 kg/cm<sup>2</sup>.

Fuente: elaboración propia

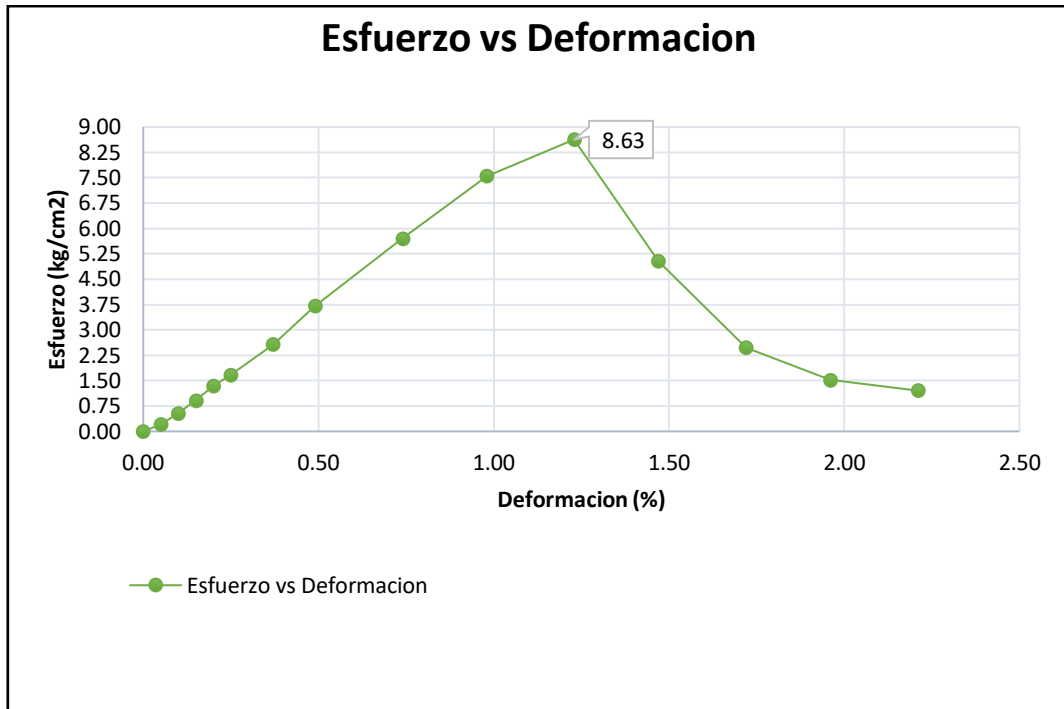


Figura 47. Especimen C esfuerzo 8.63 kg/cm<sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia

Tabla 14. Resumen de resultados resistencia a la compresión no confinada.

N°	DOSIFICACION	UNIDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA			PROMEDIO
			R-1	R-2	R-3	
1	0%C + 0%CV	Kg/cm <sup>2</sup>	1.91	1.83	1.82	<b>1.85</b>
2	5%C + 10%CV	Kg/cm <sup>2</sup>	2.98	3.85	4.64	<b>3.82</b>
3	5%C + 13%CV	Kg/cm <sup>2</sup>	5.55	5.56	5.98	<b>5.70</b>
4	5%C + 16%CV	Kg/cm <sup>2</sup>	11.05	7.66	8.63	<b>9.11</b>

Fuente: elaboración propia

## b) Proctor modificado

Se ejecutó este ensayo para poder observar la posición inicial del contenido de humedad óptimo y la máxima densidad seca. Se necesita 80 kg en promedio, este material se secará al aire para obtener una mejor manejabilidad y después dispersar los grumos del material, realizar el tamizado en la malla número 4, cada muestra de 5kg para cada dosificación luego añadir la ceniza volante y la cal según el porcentaje indicado. se llegó a colocar 5 kilos de material en una bandeja y se lo convino con agua en porcentaje según la relación con el peso de muestra, se revuelve de forma

manual con el material hasta obtener la mezcla homogénea se divide en cinco proporciones iguales con un cucharón se pone al molde una de las cinco partes de la bandeja y se comienza a compactar con el pistón a 56 golpes en caída libre dinámica se itera este procedimiento en las cinco capas una vez concluida la compactación se prosigue a enrazar con una regla de metal nivelando al borde del molde, se continua a pesar esta muestra húmeda incluido el molde, en seguida se retira una parte de la muestra tanto del interior y superior de la muestra se llevó en un recipiente para secarlo en el horno para así tener el contenido de humedad, esto se realiza para tener puntos en el gráfico, por esta razón es que se itera este procedimiento un mínimo de 3 veces.



*Figura 48.* Dividido de la muestra en 5 partes iguales.

Fuente: elaboración propia





*Figura 49.* Compactando con pisón 56 golpes.

Fuente: elaboración propia



*Figura 50.* Enrase de molde parte superior.

Fuente: elaboración propia



*Figura 51.* Pesado de muestra en la tara para el contenido de humedad.

Fuente: elaboración propia



*Figura 52.* Colocado al horno de las taras para el contenido de humedad.

Fuente: elaboración propia

Dosificación N° 01: 0% C + 0%CV se obtuvo la densidad máxima seca de 18.55 kN/m<sup>3</sup>, como resultado la humedad óptima es 11.50%

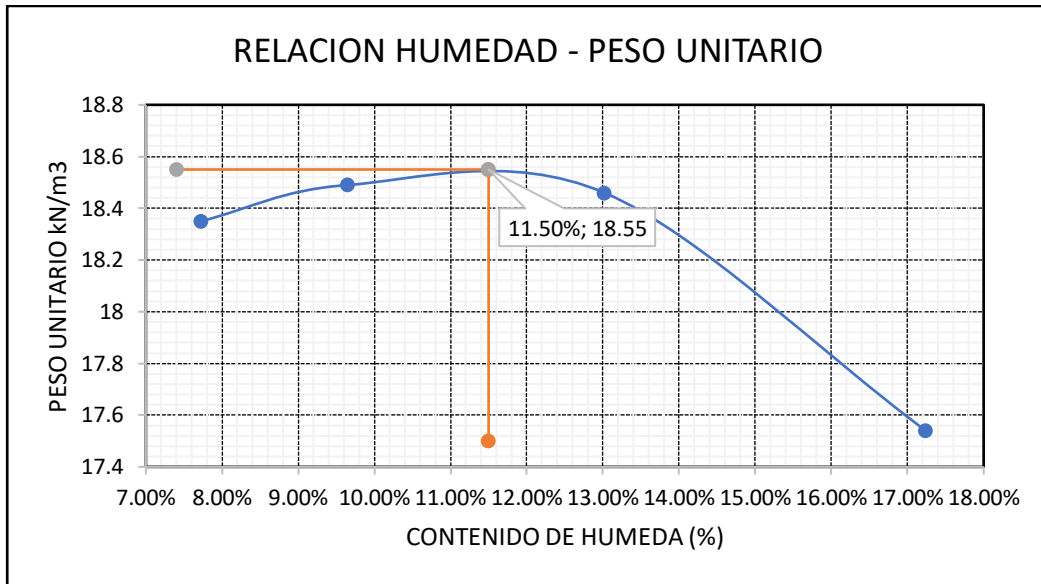


Figura 53. Relación humedad vs peso unitario para suelo natural.

Fuente: elaboración propia

Dosificación N° 02: 5% C + 10%CV se obtuvo la densidad máxima seca de 18.86 kN/m<sup>3</sup> como resultado la humedad óptima es 15.50%

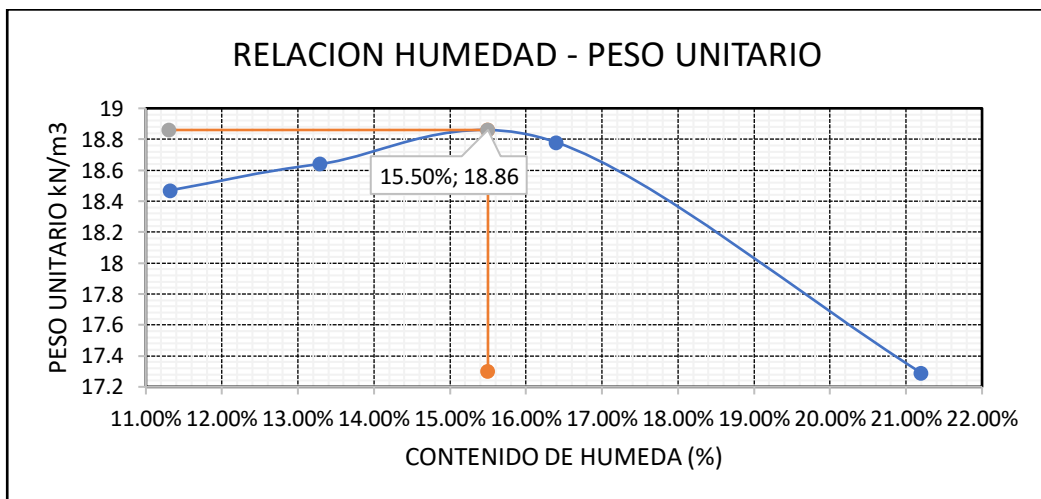


Figura 54. Relación humedad vs peso unitario para dosificación 2.

Fuente: elaboración propia

Dosificación N° 03: 5% C + 13%CV se obtuvo la densidad máxima seca de 19.07 kN/m<sup>3</sup> como resultado la humedad óptima es 15.10%

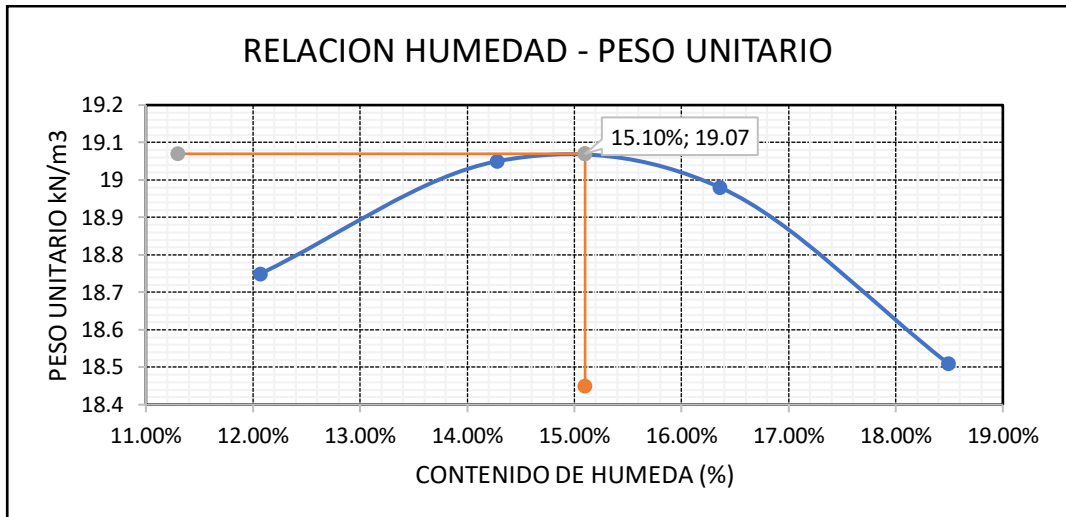


Figura 55. Relación humedad vs peso unitario para dosificación 3.

Fuente: elaboración propia

Dosificación N° 04: 5% C + 16%CV se obtuvo la densidad máxima seca de 19.30 kN/m<sup>3</sup> como resultado la humedad optima es 14.90%

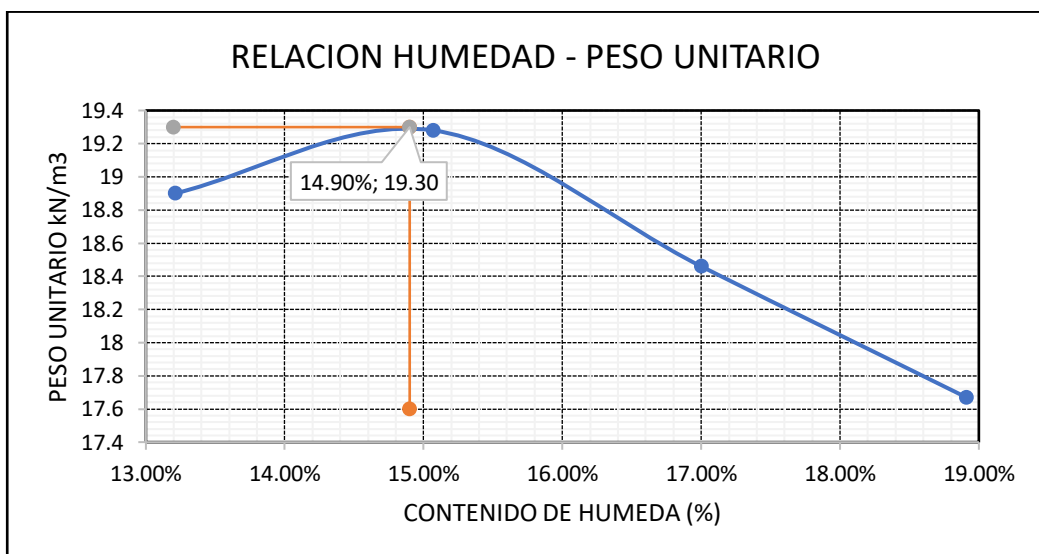


Figura 56. Relación humedad vs peso unitario para dosificación 3.

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Resumen de los resultados entregados del laboratorio densidad seca c.

N°	DOSIFICACIÓN	UNIDAD y/o MEDIDA	MÁXIMA DENSIDAD SECA COMPACTADA (PROCTOR).				PESO UNITARIO SECO MAX
			R - 1	R - 2	R - 3	R - 4	
01	0% C + 0% CV	% Agua	7.72%	9.65%	13.02%	17.24%	11.50%
		kN/m <sup>3</sup>	18.35	18.49	18.46	17.54	18.55
02	5% C + 10% CV	% Agua	11.32%	13.29%	16.40%	21.20%	15.50%
		kN/m <sup>3</sup>	18.47	18.64	18.78	17.29	18.86
03	5% C + 13% CV	% Agua	12.07%	14.28%	16.36%	18.49%	15.10%
		kN/m <sup>3</sup>	18.75	19.05	18.98	18.51	19.07
04	5% C + 16% CV	% Agua	13.21%	15.07%	17.00%	18.91%	14.90%
		kN/m <sup>3</sup>	18.9	19.28	18.46	17.67	19.30

Fuentes: elaboración propia

### c) California Bearing Ratio (CBR)

una vez obtenido los contenidos de humedad óptimos del ensayo proctor , se viene a realizar tres muestras cada muestra equivalente a 5 kilos y para cada una un molde de CBR con sus respectivos anillos de extensión, teniendo una probeta se llena una cantidad de agua esta vendría hacer la misma para cada muestra, en una batea se combina la mezcla y el agua hasta tener una mezcla homogénea y se llega a separar en cinco partes iguales, en seguida se pone el disco espaciador con papel filtro, se continua a agregar una parte de la muestra al molde y se sometió a compactar de 12 golpes con el pistón, luego de compactar se procede a retirar el collarín y se cortó con una escuadra metálica, volteamos el molde para poner el papel filtro y llegamos a sacar el papel filtro y llevamos a la balanza para registrar el peso de la muestra húmeda. Se impone encima de las placas de metal en el molde y se coloca el molde en un tanque con agua en una posición de forma horizontal, con el trípode se llega a lecturar el registro inicial, reitera todo el proceso ya explicado para cada muestra pero con diferentes tipos de compactación la segunda muestra a 25 golpes la tercera a 56 golpes, se realiza la lectura del día en cada 24 horas de cada molde que se encuentra en el agua esto en 96 horas una vez que se obtiene la última lectura, se retira los tres moldes del agua y dejamos desaguar el agua, llevamos el molde hacia la prensa con la carga que le pertenece para realizar la prueba de

penetración, esta penetración se llega a medir para su aplicación de carga, se registra las lecturas del día después. Finalmente se retira muestra de la parte interior y superior para calcular el contenido de humedad una vez obtenido los resultados se ejecuta los cálculos para cada una de las muestras.



*Figura 57.* Pesado del molde de cbr.

Fuente: elaboración propia



*Figura 58.* Colocado de papel filtro en base.

Fuente: elaboración propia



*Figura 59.* Golpeado a caída libre cbr.

Fuente : elaboración propia



*Figura 60.* Enrase con regla metálica.

Fuente: elaboración propia



*Figura 61.* Colocado de papel filtro parte superior.

Fuente: elaboración propia





*Figura 62.* Moldes listos para sumergir al agua.

Fuente: elaboración propia



*Figura 63.* Sumergido el agua el CBR.

Fuente: elaboración propia



Figura 64. Penetración del CBR.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 65. Se presenta el resultado del CBR del peso unitario seco vs el CBR del suelo patrón sin adicionar cal ni ceniza volante, el CBR AL 100% de compactación de la máxima densidad seca para el material de suelo arcilloso es de 28%

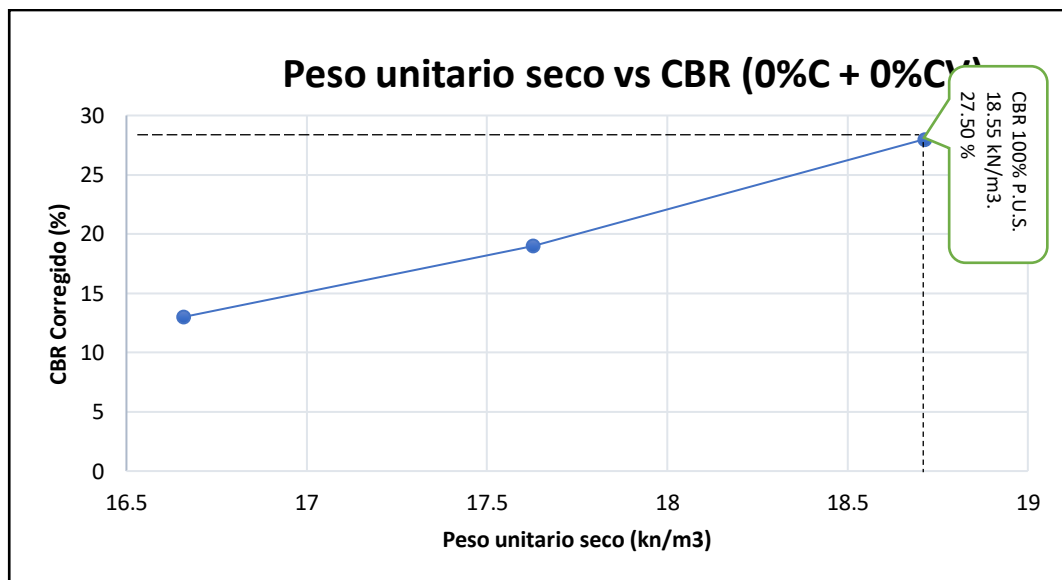


Figura 65. Peso unitario seco vs CBR para 0%C + 0% CV.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 66. se presenta el resultado del CBR del peso unitario seco vs el CBR del suelo arcilloso más la adición de cal 5% y ceniza volante 10%, el CBR AL 100% de compactación de la máxima densidad seca para esta dosificación es de 52%.

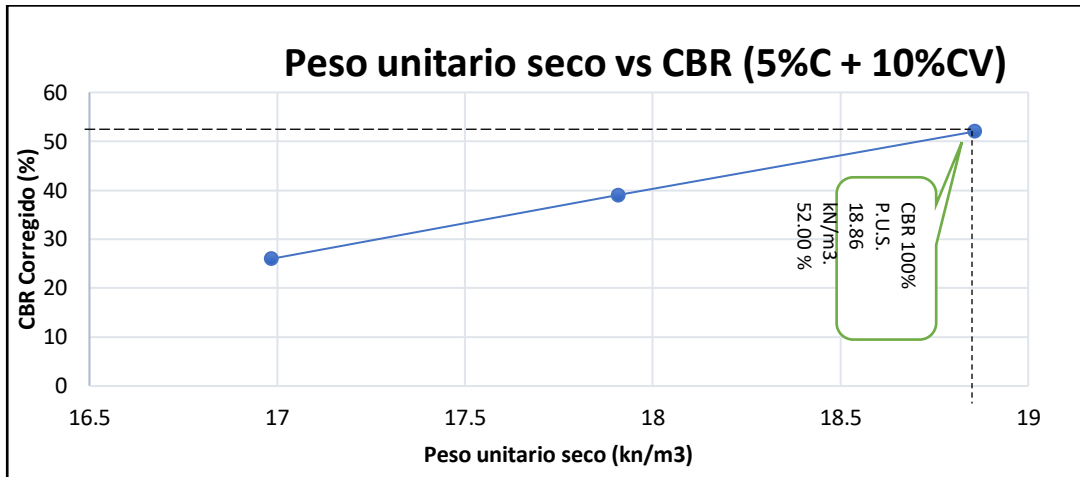


Figura 66. Peso unitario seco vs CBR para 5%C + 10%CV.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 67. se presenta el resultado del CBR del peso unitario seco vs el CBR del suelo arcilloso más la adición de cal 5% y ceniza volante 13%, el CBR AL 100% de compactación de la máxima densidad seca para esta dosificación es de 72%.

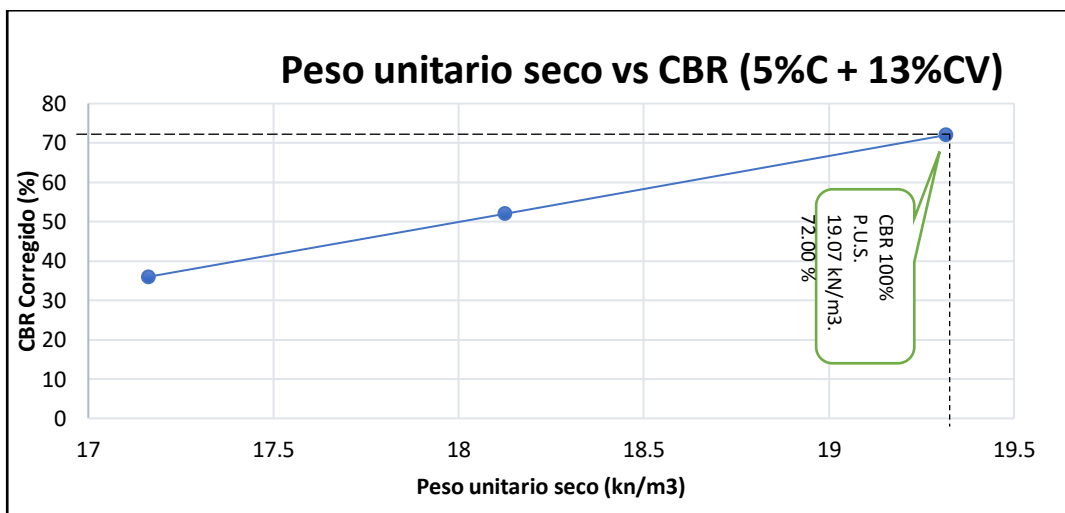


Figura 67. Peso unitario seco vs CBR para 5%C + 13% CV.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 68. se presenta el resultado del CBR del peso unitario seco vs el CBR del suelo arcilloso más la adición de cal 5% y ceniza volante 16%, el CBR AL 100% de compactación de la máxima densidad seca para esta dosificación es de 86%.

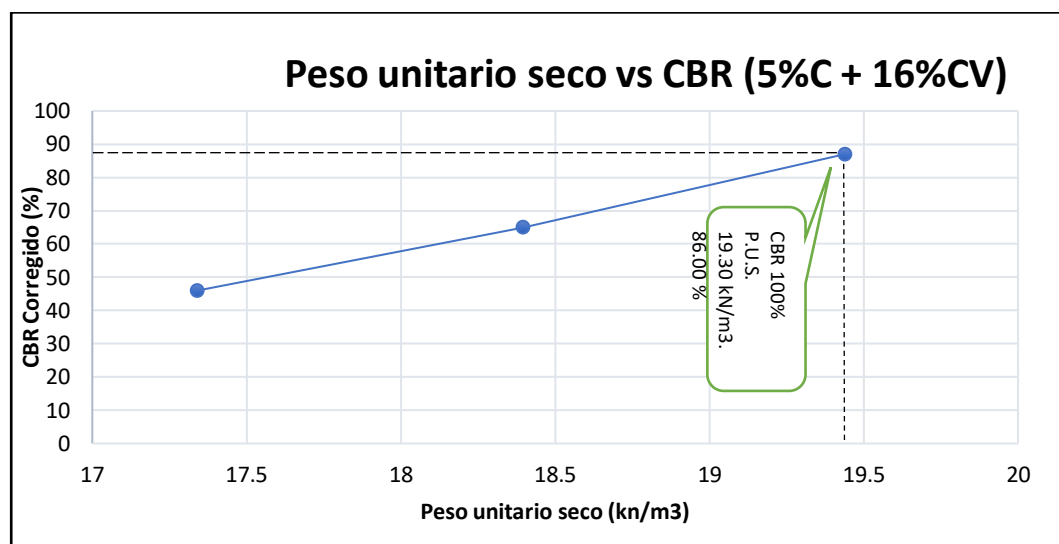


Figura 68. Peso unitario seco vs CBR para 5%C + 16%CV.

Fuente: elaboración propia

En la tabla 16. se presenta el resumen de los resultados del ensayo de CBR AL 100% de compactación de la máxima densidad seca para el material de suelo arcilloso y las demás dosificaciones adicionando cal 5% cte y ceniza volante variable y también se observa la compactación en % para 56, 25, 12 golpes.

Tabla 16. Cbr al 100% de la MSD.

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
N°	DOSIFICACION	UNIDAD	NUMERO DE GOLPES (%)			CBR al 100% de la MDS (%)
			56 GL.	25 GL.	12 GL.	
1	0%C + 0%CV	(%)	28	19	13	28
2	5%C + 10%CV	(%)	52	39	26	52
3	5%C + 13%CV	(%)	72	52	36	72
4	5%C + 16%CV	(%)	87	65	46	87

Fuente: elaboración propia

#### d) Límite de contracción.

Se colocó la muestra en el plato de evaporación y se mesclo de forma homogénea con la adición de agua destilada se añadió en la base del plato una capa de petróleo esto para evitar que se pegue la muestra con el plato se llegó a pesar el plato vacío en gr. se colocó el plato de contracción en un recipiente poco profundo así no derramar el mercurio. Se lleno el plato con mercurio presionando de manera firme con la placa de vidrio en la parte superior se llegó a observar que no debe de ver aire atrapado entre el mercurio y la placa de vidrio se determinó la medida del mercurio con una probeta de vidrio se colocó una cantidad de suelo húmedo un aproximado de 1/3 del volumen del plato de centro se golpea el plato de manera firme y amortiguada en varias capas esto se realizó hasta que esté completamente compactada y todo el aire de la masa fue removido se añadió más suelo y se continuo golpeando hasta que el plato se llenó se cortó el exceso de suelo y se registró la masa de la muestra.

Los resultados obtenidos del laboratorio son los siguientes:

Tabla 17. Resultados de límite de contracción.

Nº	DOSIFICACIÓN	UNIDAD y/o MEDIDA	LÍMITES DE CONTRACCIÓN.			OBSERVACIONE
			Límite de contracción	Relación de contracción	Contracción volumétrica	
01	0% C + 0% CV	%	15%	1.83%	-16%	
02	5% C + 10% CV	%	13%	2.00%	-19%	
03	5% C + 13% CV	%	12%	2.00%	-14%	
04	5% C + 16% CV	%	8%	2.00%	2%	

Fuente: elaboración propia.

#### e) Límites de Atterberg (%).

##### • Límite Líquido

Se efectuó el tamizaje de la muestra seca mediante la malla número 40 hasta tener un aproximado de 300gr. Y desechar el material detenido en la malla, luego se pasó a mezclar el material con el agua en el recipiente de porcelana hasta obtener una masa de consistencia espesa y suave, después se deja la muestra 24 horas para su saturación la muestra se coloca en el envase

de la cuchara de Casagrande, colmar 1/3 de su total. Empleando la espátula se tiende y se iguala, moldeando circularmente en un espesor de 1 cm. En el sitio interior máximo. Se realiza una ranura firme con el acanalador en la longitud de su diámetro y justamente en la longitud central de la mezcla que se encuentra en la cuchara, para prevenir la rotura de suelo en la longitud de la ranura se realiza muchas pasadas. Para acabar se gira la manivela al intelecto 2 giros por cada segundo; tomar nota de los golpes hasta que las paredes de dicha ranura lleguen a unirse en el interior de la muestra y obtención de la humedad (W%)



*Figura 69.* Colocado de la muestra a la cuchara de Casagrande.

Fuente: elaboración propia



Figura 70. Abriendo la ranura con el acalanador.

Fuente: elaboración propia



Figura 71. Cuchara de Casagrande.

Fuente: elaboración propia

- **Limite Plástico**

Se usa el material utilizado para el límite líquido, examinando su consistencia para así pueda ser un rollizo en medio de los dedos y vidrio esmerilado, luego se cogen un aproximado de 2 gr del material y se realiza varitas circulares para así poder rodarlo debajo del vidrio y suprimir la humedad, después se llega a hacer el rodado, al intelecto de 80 – 90 ciclos por minuto, últimamente el limite plástico se logra al realizar bastones cilíndricos de 3.2 milímetros de su diámetro



*Figura 72.* Elaboración de los rollizos en base de vidrio.

Fuente: elaboración propia



*Figura 73.* Se aprecia los rollizos.

Fuente : elaboración propia



Los resultados que se obtuvieron del laboratorio se describen en la tabla N°

Tabla 18. Resultados de límites de atterberg.

N°	DOSIFICACION	UNIDAD	Límites de Atterberg		
			L.L	L.P	IP
1	0%C + 0%CV	%	36.44	20.88	15.56
2	5%C + 10%CV	%	33.61	22.39	11.22
3	5%C + 13%CV	%	30.60	22.70	7.90
4	5%C + 16%CV	%	28.03	22.89	5.14

Fuente: elaboración propia

En la figura 74. Se puede observar la variación de los resultados del límite líquido desde el suelo natural asta dosificación 4 también se aprecia que al aumentar la ceniza volante disminuye en su humedad.

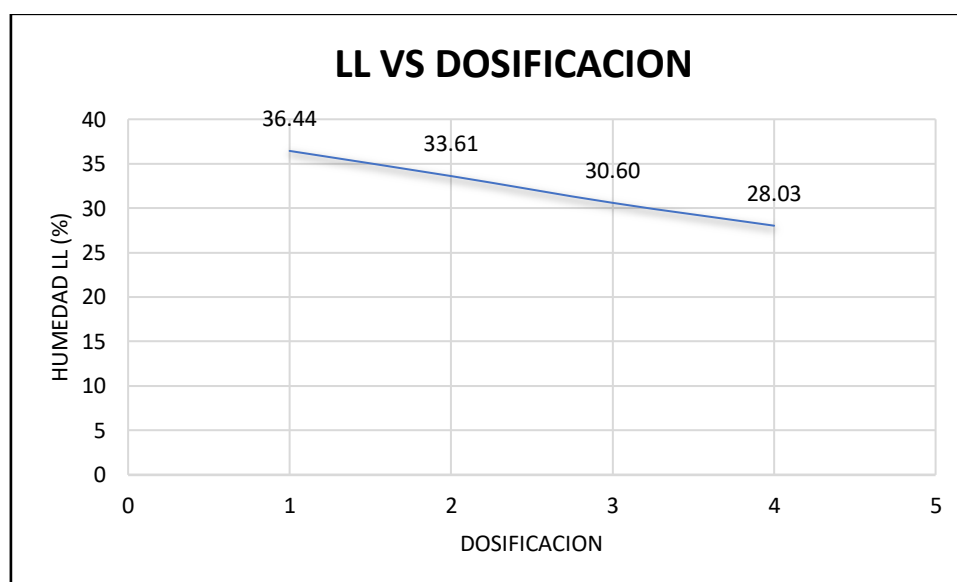


Figura 74. Límite líquido vs dosificación.

Fuente: elaboración propia

En la figura 75. Se puede observar la variación de los resultados del límite plástico desde el suelo natural asta dosificación 4 también se aprecia que al aumentar la ceniza volante aumenta en su humedad.

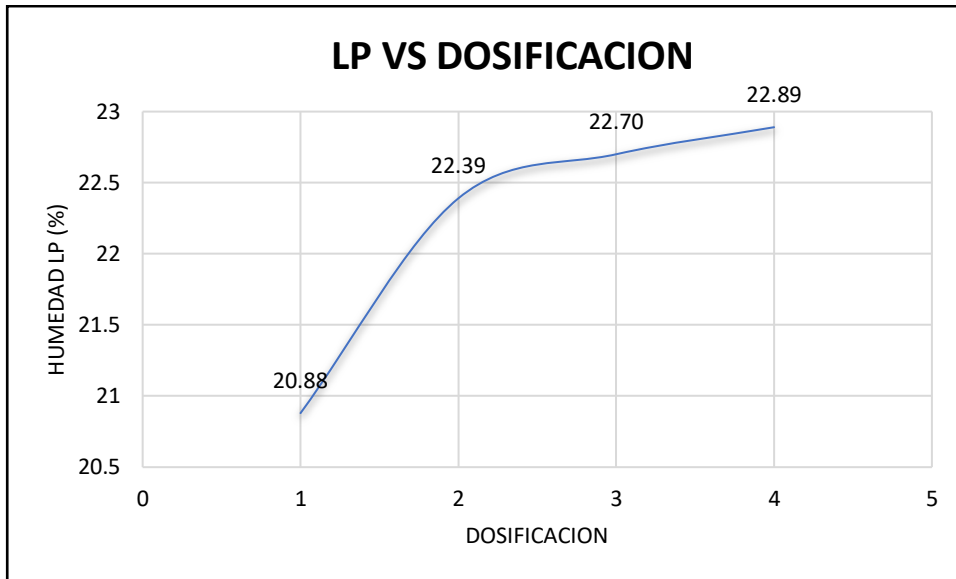


Figura 75. Límite líquido vs dosificación

Fuente: elaboración propia

#### 4.2. Interpretación de resultados.

##### Indicador 1: resistencia al corte no confinado.

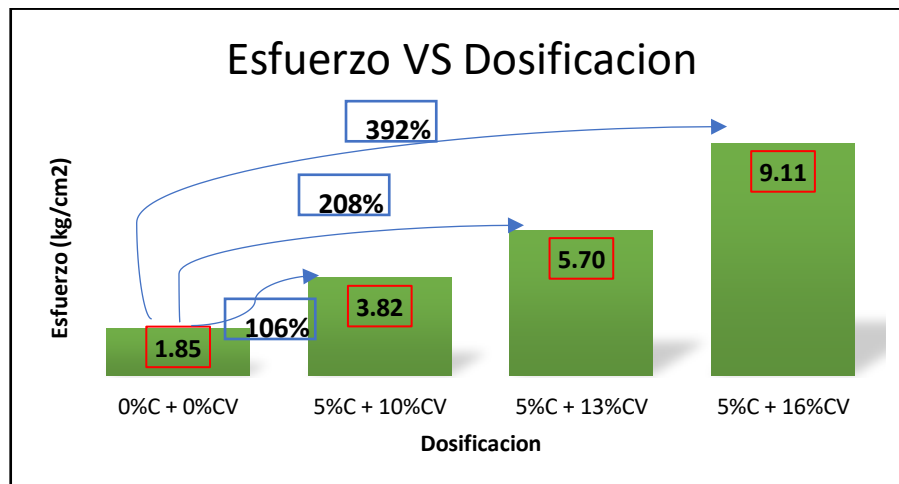


Figura 76. Esfuerzo vs dosificación.

Fuente: elaboración propia

Se puede observar en la figura 76 la resistencia a la compresión no confinada se incrementa al adicionar ceniza volante, alcanzando un incremento máximo de hasta 392% con relación del suelo natural, a una dosificación de 5%C + 16% CV.

En la figura 76. Se puede observar que el suelo patrón presentado a una condición respecto al esfuerzo con un valor de 1.85 kg/cm<sup>2</sup> que representa un suelo de mala calidad situación que ha ido mejorando con la adición de ceniza volante esta variable y cal 5%, como se observa que el mejor valor se obtiene con la dosificación de 5%C + 16%CV cuyo esfuerzo es de 9.11 kg/cm<sup>2</sup> y con valores menores también incrementa el valor adecuados sería 9.11 kg/cm<sup>2</sup> ya que un incremento máximo de hasta 392% con relación del suelo natural, a una dosificación de 5%C + 16% CV.

**Validez:** La adición de cal y ceniza volante mejora significativamente en la Resistencia a la compresión no confinada en suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021.

**Se acepta la hipótesis** porque se observa que la adición de ceniza volante y cal mejora en la resistencia a la compresión no confinada.

**Indicador 2: Máxima densidad seca compactada kN/m<sup>3</sup>. (Proctor)**

*Tabla 19. Resultados de máxima densidad seca.*

N°	DOSIFICACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD	PESO UNITARIO Kn/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE PESO (%)
01	0% C + 0% CV	11.50%	18.55	0.00%
02	5% C + 10% CV	15.50%	18.86	1.67%
03	5% C + 13% CV	15.10%	19.07	2.80%
04	5% C + 16% CV	14.90%	19.30	4.04%

Fuente: elaboración propia.

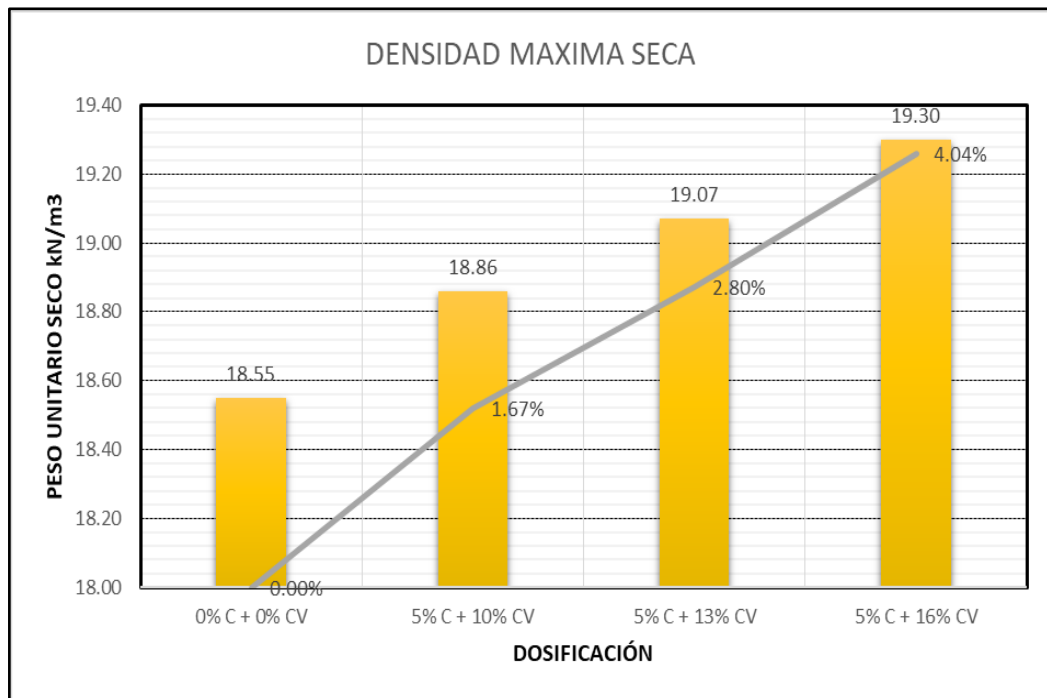


Figura 77. Densidad máxima seca vs dosificación.

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: de acuerdo con la figura 77 se puede observar que el peso del suelo se incrementó en función al aumento de la Ceniza volante alcanzándose un incremento de 4.04% el peso en relación al suelo natural para la dosificación de 5% C + 16% CV, el incremento del peso se produce por la adición de ceniza volante que tiene un peso específico de 2.0 a 2.9g/cm<sup>3</sup> con asistencia de la cal que se utiliza como activador.

**Validez:** La adición de la cal y la ceniza volante mejora significativamente en la máxima densidad seca en suelos arcillosos en caminos vecinales carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021.

**Se acepta la hipótesis** por que se verifico que la adición de cal y ceniza volante incrementa la densidad máxima seca en suelos arcillosos.

### Indicador 3: California bearing Ratio % (CBR)

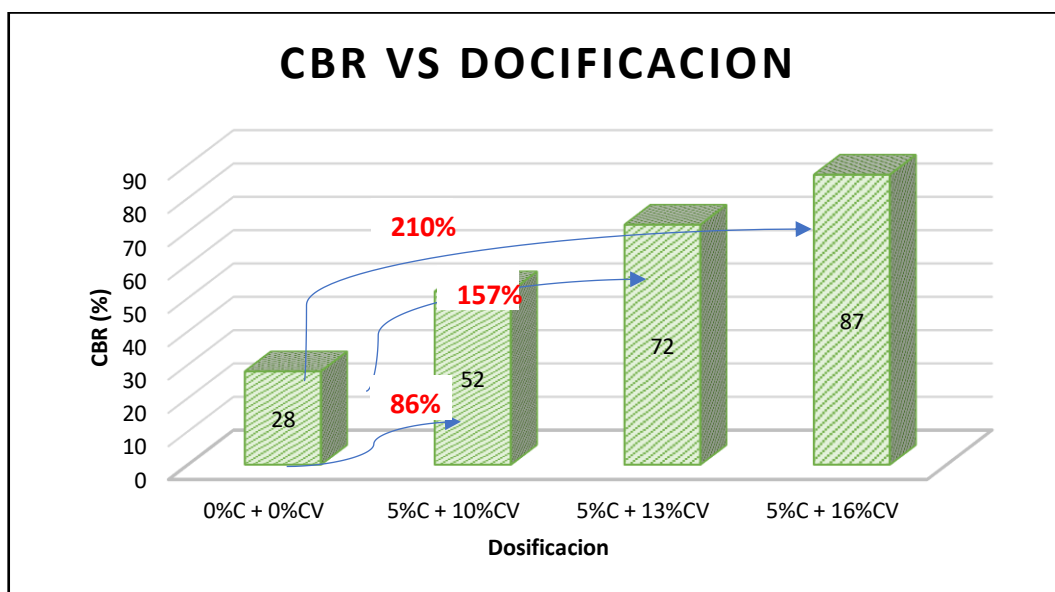


Figura 78. Dosificación vs CBR

Fuente: elaboración propia

Se puede apreciar en la figura 78. Que el valor del CBR incrementa al adicionar al suelo natural 5% cal (cte.) y CV (variable) esto en relación al suelo, alcanzando un incremento de hasta 210% con la dosificación de 5%C + 16% CV.

Se puede observar en la tabla 16 los resultados del material extraído de la calicata que tiene un CBR a una compactación de 100% de su máxima densidad seca de 28%, según la normativa del MTC E 132 indica que el rango mínimo de CBR es el 40% para conformación de afirmados por consiguiente no cumple, en cambio al adicionar 5% de cal y 10% CV se obtiene un CBR de 52%, al adicionar cal 5% y CV 13% se obtiene un CBR de 72% y al adicionar 5% de cal y 16% CV se obtiene un CBR de 87%, por lo cual al adicionar cal y ceniza volante mejora el CBR y cumple con la especificación mínima indicada en la normativa del MTC E 132.

**Validez:** La adición de cal y ceniza volante aumenta significativamente en el **CBR** de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021.

**Se acepta la hipótesis** porque se observa que la adición de ceniza volante y cal mejora en el CBR del suelo arcilloso.

**Indicador 4: Límites de contracción (%).**

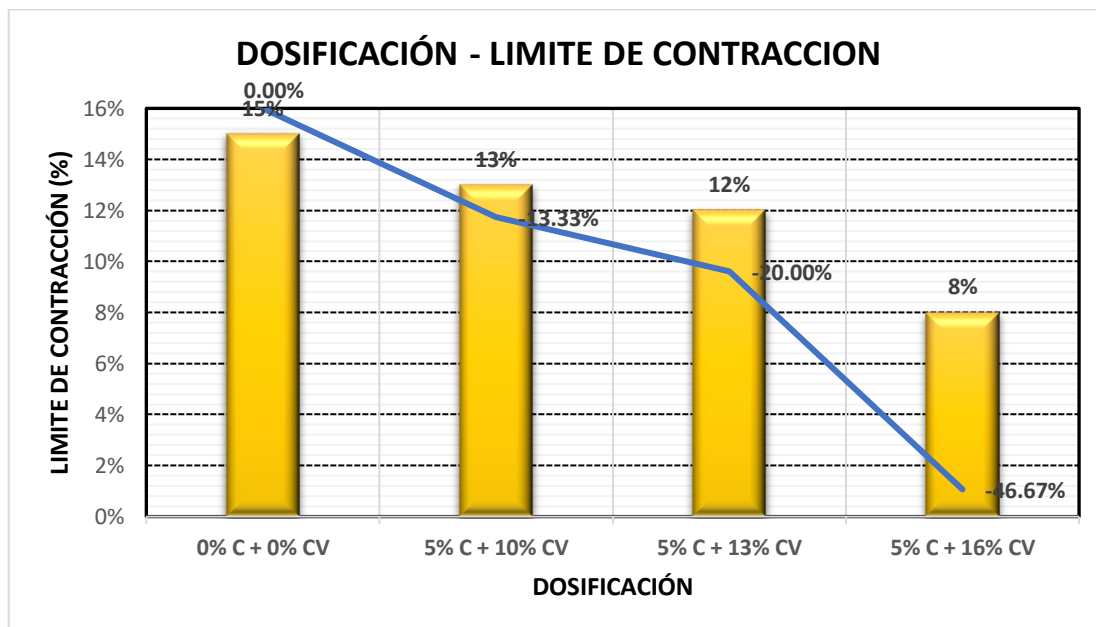


Figura 79. Límite de contracción vs dosificación.

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: de acuerdo con la figura 79. Se puede observar que el porcentaje del límite de contracción mejora debido a la adición de la cal y ceniza volante llego a reducir hasta en un 46.67% hasta alcanzar un 8% en relación al límite de contracción del suelo natural, la mejora es gracias a la adición de la ceniza volante que tiene propiedades cementantes como porcentajes de (sílice (SiO<sub>2</sub>), alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), y el óxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

**Validez:** la adición de la cal y la ceniza volante mejora los límites de contracción de suelos arcillosos en caminos vecinales carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021.

**Se acepta la hipótesis** por que se verifico que con la adición de cal y ceniza volante en suelos arcillosos reduce los límites de contracción ya que estos componentes químicos tienen propiedades cementantes.

## Indicador 5: Humedad Óptima de Compactación. (%)

Tabla 20. Humedad Óptima de Compactación.

N°	DOSIFICACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD	PESO UNITARIO Kn/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE HUMEDAD (%)
01	0% C + 0% CV	11.50	18.55	0.00%
02	5% C + 10% CV	15.50	18.86	34.78%
03	5% C + 13% CV	15.10	19.07	31.30%
04	5% C + 16% CV	14.90	19.30	29.57%

Fuente: elaboración propia

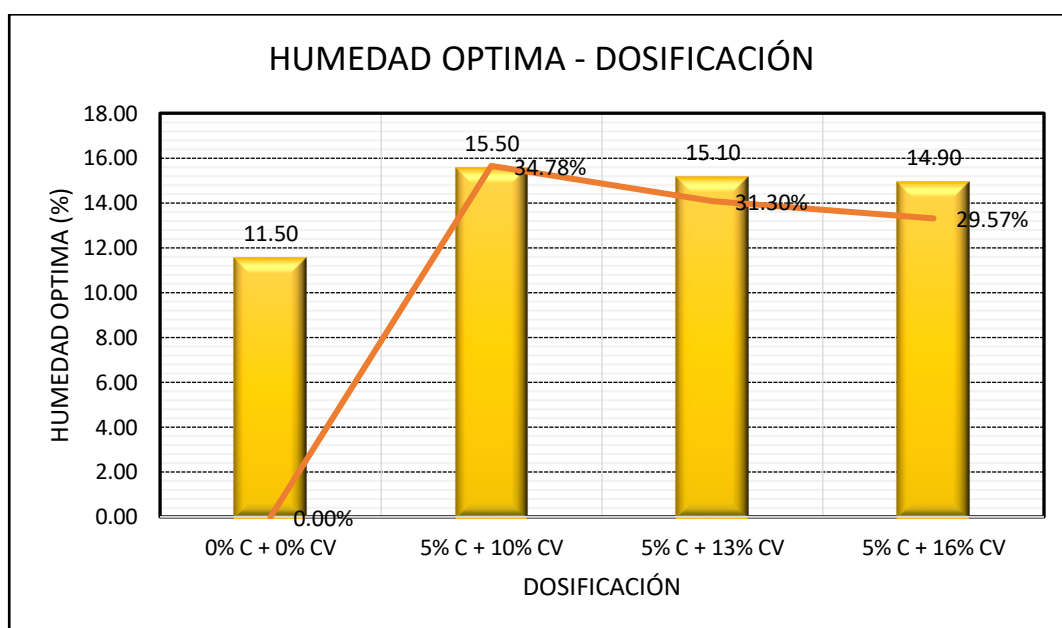


Figura 80. Humedad óptima vs dosificación.

Fuente elaboración propia

Interpretación: de acuerdo con la figura 80. Se puede observar que aumenta el porcentaje de agua debido a la adición de la ceniza volante hasta en un 34.78% en relación a la humedad óptima del suelo natural, el incremento se debe gracias a la adición de la ceniza volante que es un componente químico que requiere agua ya que la cal se utiliza como activador. Para la utilización de la humedad óptima de compactación se utilizaría el 14.9 % de humedad óptima que en relación al suelo natural tiene 29.57% de incremento esta misma

combinación llegaría dar mayor densidad máxima seca de (19.30kN/m<sup>3</sup>) de acuerdo a la figura N° 80, y un CBR de 87% de acuerdo con la figura N° 79.

**Validez:** con la adición de la cal y la ceniza volante varia la humedad optima de compactación en suelos arcillosos para la carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021.

**Se acepta la hipótesis** por que se verifico que con la adición de cal y ceniza volante en suelos arcillosos hace variar ya que estos componentes químicos reaccionan con el agua.

**Indicador 6:** Limites de Atterberg (%).

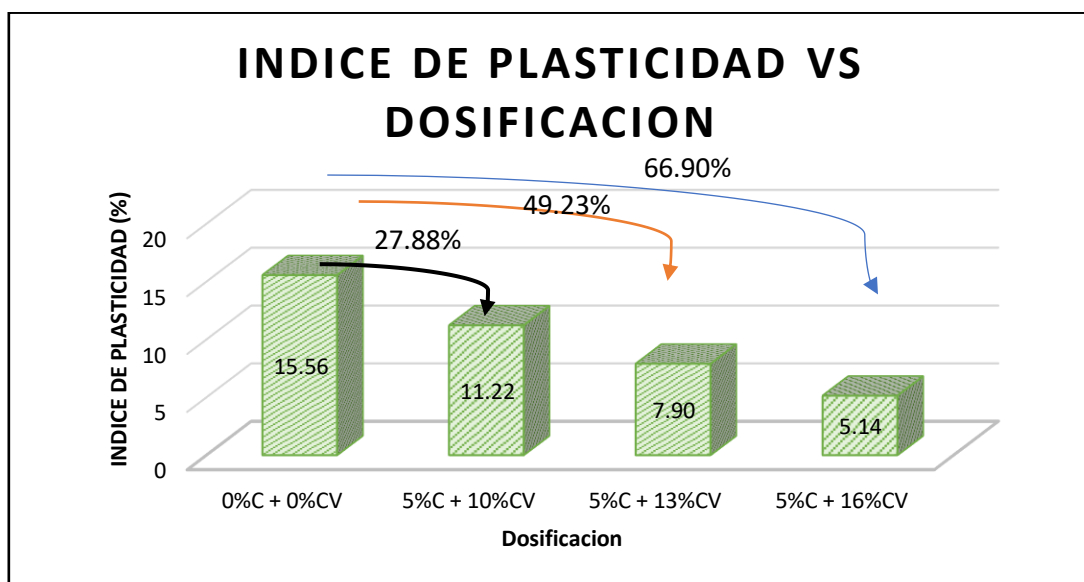


Figura 81. Índice de plasticidad vs dosificación

Fuente: elaboración propia

Se puede observar en la figura 81. Que el índice de plasticidad disminuye al Momento de adicionar ceniza volante y cal 5%, con relación al suelo se disminuyó en un 66.90%.

El valor del índice de plasticidad del suelo natural es de 15.56 lo que quiere decir que al adicionar 5% de cal y CV mejora el índice de plasticidad.

El valor de índice plástico que sugiere la normativa del MTC E 111 para afirmados debe ser entre 4-9 % de humedad. En la fig. se aprecia que el suelo



natural su índice de plasticidad es 15.56 lo cual no cumple, pero al adicionar cal y ceniza volante disminuye la plasticidad las dosificaciones que cumplen son 5%C + 13%CV y 5%C + 16% CV ya que su índice de plasticidad se encuentra en el rango de 4-9 según requiere la normativa del MTC E 111, el valor adecuado es de 5.14% ya que es el mejor resultado por su menor plasticidad.

**Validez:** La adición de cal y ceniza volante reduce la plasticidad en suelos arcillosos en los caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021.

**Se acepta la hipótesis** porque se observa que la adición de ceniza volante y cal reduce en la plasticidad del suelo.

## **V: DISCUSSION**

## V. DISCUSIÓN

En la discusión de este proyecto de investigación, hacemos hincapié a los resultados de los ensayos de investigaciones realizadas con la adición de Cal y ceniza volante y se efectuara una comparación con los resultados de los ensayos, es para brindar un breve debate o comentario entre las comparaciones de ambas tesis.

**Indicador 1:** resistencia a la compresión no confinada

Los resultados obtenidos para la dosificación 1 (0%c+0%CV) = 1.85 kg/cm<sup>2</sup>, dosificación 2 (5%c+10%CV) = 3.82 kg/cm<sup>2</sup>, dosificación 3 (5%c+13%CV) = 5.70 kg/cm<sup>2</sup>, dosificación 4 (5%c+16%CV) = 9.11 kg/cm<sup>2</sup>. Obteniendo un incremento de 392% con respecto al suelo natural. Según (Parra Gomez , 2018), En su trabajo de investigación para la dosificación 1 (0%Cal) = 0.69 kg/cm<sup>2</sup> , dosificación 2 (2%Cal) = 1,10 kg/cm<sup>2</sup>, dosificación 3 (4%Cal) = 2,62 kg/cm<sup>2</sup>, dosificación 4 (6%Cal) = 1,04 kg/cm<sup>2</sup>, dosificación 5 (8%Cal) = 1,96 kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados vienen hacer diferentes esto se debe a que (Parra Gomez , 2018), solo utilizo un agente químico que es la cal, en cambio en esta investigación se utilizó la cal y ceniza volante es la razón por lo que se obtiene mayores y mejores resultados.

**Indicador 2:** Máxima densidad seca compactada kN/m<sup>3</sup>. (Proctor)

Los resultados que se obtuvieron al mesclar con la cal y la ceniza volante para la presente investigación con la dosificación 1 (0%c+0%CV) es de 18.55 kN/m<sup>3</sup>(1,892g/cm<sup>3</sup>), dosificación 2 (5%c+10%CV) es de 18.86 kN/m<sup>3</sup>(1,923g/cm<sup>3</sup>), dosificación 3 (5%c+13%CV) es de 19.07 kN/m<sup>3</sup>(1,945g/cm<sup>3</sup>), dosificación 4 (5%c+16%CV) es de 18.55 kN/m<sup>3</sup>(1,968g/cm<sup>3</sup>). Esto indica que se llevo a aumentar su densidad máxima seca respecto al suelo natural en un 4.04%. Según: (Gabilanes Bayas, 2015) al adicionar cemento cal obtuvo los siguientes resultados (0% de Cemento) DMC =1,705 g/cm<sup>3</sup>, (2% de Cemento) DMC =1,471 g/cm<sup>3</sup>, (4% de Cemento) DMC =1,374 g/cm<sup>3</sup>, (6% de Cemento) DMC =1,409 g/cm<sup>3</sup>, (8% de Cemento) DMC =1,439 g/cm<sup>3</sup>. Los resultados son diferentes debido a la que el tesista (Gabilanes Bayas, 2015), utilizó como estabilizador del suelo al cemento cal. En cambio para la presente investigación se utilizó la Ceniza Volante como estabilizador por lo cual se obtuvo mayor densidad máxima seca.

**Indicador 3:** California bearing Ratio % (CBR)

Los resultados obtenidos para la dosificación 1 (0%*c*+0%*CV*) = 28%, dosificación 2 (5%*c*+10%*CV*) = 52%, dosificación 3 (5%*c*+13%*CV*) = 72%, dosificación 4 (5%*c*+16%*CV*) = 87%. Obteniendo un incremento de 59% con respecto al suelo natural. Según: palli apaza Edwin ever en su trabajo de investigación el resultado que obtuvo es: CBR para las Dosificación al 100% de la MDS suelo natural = 8%, (cal 2%) = 31%, (cal 4%) = 59% , (cal 6%) = 63%. Los resultados vienen hacer diferentes esto se debe a que (Palli Apaza, 2015), solo utilizo un agente químico que es la cal, en cambio en esta investigación utilizamos la cal y ceniza volante es la razón por lo que se obtiene mayores y mejores resultados cabe resaltar que en ambos casos mejoran en su resistencia respecto al suelo natural.

**Indicador 4:** Límites de contracción.

Los resultados que se obtuvieron al mesclar con la cal y la ceniza volante para la presente investigación con la dosificación 1. (0%*C* + 0%*CV*) se obtuvo 15% de contracción, dosificación 2. (5%*C* + 10%*CV*) se obtuvo 13% de contracción, dosificación 3. (5%*C* + 13%*CV*) se obtuvo 12% de contracción, dosificación 4. (5%*C* + 0%*CV*) se obtuvo 8% de contracción. Según. (Perez Rojas, y otros, 2018), en su investigación obtuvo los resultados, 25% Bentonita LC = 11.8; 50% Bentonita LC = 28.10%; 75% Bentonita LC = 34.80%; 100% Bentonita LC = 52.60%. los resultados son diferentes esto se debe a que la presente investigación se utilizó la cal y la ceniza volante.

**Indicador 5:** Humedad Optima de Compactación. (%).

Los resultados que se obtuvieron al mesclar con la cal y la ceniza volante para la presente investigación con la dosificación 1 (0%*C* + 0%*CV*) resulto 11.5%, dosificación 2 (5%*C* + 10%*CV*) resulto 15.5%, dosificación 3 (5%*C* + 13%*CV*) resulto 15.10%, dosificación 4 (5%*C* + 13%*CV*) resulto 14.90%. Esto indica que al adicionar ceniza volante se llegó a incrementar hasta en un 34.78% de humedad de compactación respecto al suelo natural. Según. (Gabilanes Bayas, 2015), al adicionar cemento cal obtuvo los siguientes resultados (0% de Cemento) CHO =16.73%, (2% de Cemento) CHO =18.60%, (4% de Cemento) CHO =18.2%, (6% de Cemento) CHO =18.6%, (8% de Cemento) CHO =19.00%. Los resultados son diferentes al tesista (Gabilanes Bayas, 2015), esto se debe a que utilizó como estabilizador del suelo al cemento cal que para su reacción química requiere de

mayores cantidades de agua en porcentaje, ya que para la presente investigación se utilizó la cal hidratada y la ceniza volante.

**Indicador 6:** Límites de Atterberg (%)

Los resultados obtenidos para la dosificación 1 (0%*c*+0%*CV*) *IP*= 15.56%, dosificación 2 (5%*c*+10%*CV*) *IP*= 11.22%, dosificación 3 (5%*c*+13%*CV*) *IP* = 7.90%, dosificación 4 (5%*c*+16%*CV*) *IP* = 5.14%. Obteniendo una disminución de la plasticidad. Según: (Gabilanes Bayas, 2015). En su trabajo de investigación el resultado del límite de atterberg es para (0% Cemento) *IP*= 11, (2% Cemento) *IP*= 4, (4% Cemento) *IP*= 1, (6% Cemento) *IP*= 3, (6% Cemento) *IP*= 4, Los resultados son diferentes ya que se está aplicando otro agente químico que es el cemento.

## **VI: CONCLUSION**

## VI. CONCLUSIONES

Después de haber realizado los ensayos de laboratorio de las propiedades mecánicas y físicas todo respecto a la modificación del suelo natural los cuales son: resistencia a la compresión no confinada (Kg/cm<sup>2</sup>), Máxima densidad seca compactada kN/m<sup>3</sup> (Proctor), California bearing Ratio % (CBR), Límites de contracción (%), Humedad Óptima de Compactación. (%), Límites de Atterberg. Obteniendo resultado para luego compararlos con diferentes testigos realizando una conexión a sus resultados. Que utilizan como adición a la estabilización del suelo los agentes químicos, que se pudo llegar a las siguientes conclusiones.

- Se determinó que la adición de cal y ceniza volante incrementa la Resistencia a la compresión no confinada en suelos arcillosos, en caminos vecinales de la siguiente manera: dosificación 1 (0%c+0%CV) hasta 0.00%, dosificación 2 (5%c+10%CV) hasta 106%, dosificación 3 (5%c+13%CV) hasta 208%, dosificación 4 (5%c+16%CV) 392% respecto al suelo natural según se indica en la tabla 14. Se puede observar que con todas las dosificaciones aumenta la resistencia a la compresión no confinada obteniéndose el mejor valor con la dosificación 4.
- Se ha determinado que la adición de cal y ceniza volante incrementa la densidad máxima seca en suelos arcillosos, en caminos vecinales de la siguiente manera: dosificación 1 (0%c+0%CV) hasta 0.00%, dosificación 2 (5%c+10%CV) hasta 1.67%, dosificación 3 (5%c+13%CV) hasta 2.8%, dosificación 4 (5%c+16%CV) 4.04% respecto al suelo natural según se indica en la tabla 19. Se puede observar que con todas las dosificaciones aumenta la resistencia a la compresión no confinada obteniéndose el mejor valor con la dosificación 4.
- Se determinó que la adición de cal y ceniza volante incrementa en el CBR en suelos arcillosos, en caminos vecinales de la siguiente manera: dosificación 1 (0%c+0%CV) hasta 0.00%, dosificación 2 (5%c+10%CV) hasta 24%, dosificación 3 (5%c+13%CV) hasta 44%, dosificación 4 (5%c+16%CV) 59% respecto al suelo natural según se indica en la tabla 15. Se puede observar que con todas las dosificaciones aumenta la resistencia a la compresión no confinada obteniéndose el mejor valor con la dosificación

4.

- Se a determinado que al adicionar cal y ceniza volante reduce los límites de contracción en caminos vecinales de la siguiente manera de la siguiente forma: dosificación 1 (0%*c*+0%*CV*) hasta 0.00%, dosificación 2 (5%*c*+10%*CV*) hasta -13.33%, dosificación 3 (5%*c*+13%*CV*) hasta -20.00%, dosificación 4 (5%*c*+16%*CV*) hasta -46.67% respecto al suelo natural según en la tabla 17. Se puede observar que con todas las dosificaciones aumenta la resistencia a la compresión no confinada obteniéndose el mejor valor con la dosificación 4.
- Se a determinado que con la adición de cal y ceniza volante se incrementa el porcentaje de la humedad óptima de compactación en suelos arcillosos, en caminos vecinales en conclusión se obtuvo para: dosificación 1 (0%*C* + 0%*CV*) hasta 0.00%, dosificación 2 (5%*C* + 10%*CV*) hasta 34.78%, dosificación 3 (5%*C* + 13%*CV*) hasta 31.30%, dosificación 4 (5%*C* + 13%*CV*) hasta 29.57%. con respecto al suelo natural como se puede apreciar en la figura 20. Se puede observar que con todas las dosificaciones aumenta la resistencia a la compresión no confinada obteniéndose el mejor valor con la dosificación 4.
- Se determinó que la adición de cal y ceniza volante reduce en su índice de plasticidad en suelos arcillosos, en caminos vecinales de la siguiente manera: dosificación 1 (0%*c*+0%*CV*) hasta 0.00%, dosificación 2 (5%*c*+10%*CV*) hasta 4.34%, dosificación 3 (5%*c*+13%*CV*) hasta 7.66%, dosificación 4 (5%*c*+16%*CV*) 10.42% respecto al suelo natural según se indica en la tabla 18. Se puede observar que con todas las dosificaciones aumenta la resistencia a la compresión no confinada obteniéndose el mejor valor con la dosificación 4.
- Al adicionar cal más ceniza volante en diferentes proporciones presenta una mejoría en comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas para conformaciones afirmadas. Siendo la mejor dosificación (5%*C*+16%*CV*) que presento mejores resultados.



## **VII: RECOMENDACIONES**

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda como línea futura de investigación, evaluar el comportamiento de la resistencia a la compresión no confinada con porcentajes mayores d 16 % de ceniza volante, con la finalidad de encontrar el máximo aporte.
- Se recomienda que se continúe la línea de investigación, el cual deberá evaluar la densidad máxima seca adicionando cal de manera constante y la ceniza volante en mayores cantidades a 16% así llegar un incremento mayor y un balance en relación a la humedad que este mismo material llegaría a utilizarse en base o subbase de carreteras de primer orden.
- Es recomendable usar la adición de ceniza volante y cal para estabilizar suelos, por lo cual compararlos con otros agentes químicos y observar la finalidad del comportamiento, si aumenta o disminuye la resistencia del Suelo en base al Ensayo de California Clearing Ratio (CBR).
- Se recomienda que se continúe la línea de investigación, el cual evaluar el límite de contracción adicionando cal de manera constante y la ceniza volante en mayores cantidades a 16% así pueda llegar a reducir la contracción en suelos arcillosos así mejorando sus características físicas del suelo.
- Se recomienda que se continuar con línea de investigación, el se cual deberá analizar el porcentaje de humedad optima de compactación por lo que al adicionar cal de manera constante y la ceniza volante en mayores cantidades a 10% el porcentaje de agua va reduciendo y tener exquisitez en la humedad ya que esta puede aumentar mucho mas o reducir.
- Se recomienda la adición de la cal en porcentaje mayores del 5 % en un material con mayor plasticidad y adicionar ceniza volante más del 16% si se quiere obtener mayor resistencia.
- Se recomienda como línea futura con respecto a la infraestructura vial de caminos vecinales continuar con los estudios mediante adición de cal y ceniza volante, aplicados a nivel de afirmado de suelos para así llegar a apreciar el comportamiento mecánico y físico y así llegar a dar resultados que sean favorables en la estabilización de los suelos, dando los porcentajes

en la adición del agente químico, de la misma forma llegar a garantizar la calidad y la vida útil del afirmado de cualquier camino vecinal.

- Es recomendable, indagar demasiado a los diferentes métodos que se puede encontrar dentro del afirmado del suelo, para poder hacer la estabilización de suelo con productos químicos. Debido a esto, para analizar e estudiar las dosificaciones del material reciclado para mejor el suelo de dicho sector y así poder cumplir con el parámetro establecido que nos relata en el manual de carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG 2013” lo que nos relata sobre el Índice de Plasticidad, ya que en este ocasión el Índice de Plasticidad cumple lo que dice el manual.
- Se recomienda utilizar la ceniza volante y la cal para estabilizar suelos, ya que permite disminuir en la plasticidad del suelo.

## REFERENCIAS

## REFERENCIAS

**Lodeiro Garcia, Ines, Palomo, Angel y Fernandez Jimenes, Ana. 2007.** *Alkali - aggregate reaction in activated fly ash systems*. Estados Unidos : Cement and Concrete Research, 2007. 20006.11.002.

**ACAA. 2018.** ACAA CCP Production and Use Survey Results. *ACAA CCP Production and Use Survey Results | Blog*. [En línea] Ash Development association of Australia, 2018. [Citado el: 27 de Marzo de 2021.] <https://www.adaa.asn.au/blog/2021/01/aaaa-ccp-production-and-use-survey-results?fbclid=IwAR1bOY3k3MDD7EhdbNCBbino595Dt87znQHEOx93C-Y4--3OtqCtCir85XY>.

**Alan Neil, David y Cortez Suárez, Liliana. 2018.** *Procesos y Fundamentos de la Machala - Ecuador* : Utmach, 2018. 978-9942-24-093-4.

**ASTM C593-95. 2000.** *Especificación estándar para Cenizas volantes y otras puzolanas para usar con cal*. Estados Unidos : Barr Harbor Drive, 2000. 19428-2959.

**ASTM C618. 2005.** *Cenizas volantes de carbón y puzolana natural cruda o calcinada para uso en hormigón1*. Estados Unidos : Barr Harbor Drive, 2005. 19428-2959.

**ASTM D1883-99. 2000.** *CBR (California Bearing Ratio) de suelos compactados en laboratorio*. Estados Unidos : Barr Harbor Drive, 2000. 19428-2959.

**Barrera Quijano, Juan Carlos. 2010.** *Análisis del Comportamiento Mecánico del Cemento Hidráulico*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga - Colombia : 2010.

**Behak , Leonardo y Peres, Washington. 2008.** *Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cascara de arroz y cal potencialmente útil para el uso en pavimentación*. Uruguay : Revista de la ingeniera de construcion, 2008. Vol. 23. 11.300.

**Braja M., Das. 2013.** *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Mexico : Claudia C. Garay Castro, 2013. 978-607-519-373-1.

**Cañar Tibiano, Edwin Santiago. 2017.** *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos Finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón.* Universidad Técnica de Ambato, Ecuador : 2017.

**Cokca, Erdal. 2001.** *Use of Class C Fly Ashes for the Stabilization of an Expansive Soil.* Turquía : Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2001. 127:7(568).

**Crespo Villalaz, Carlos. 2004.** *Mecánicas de suelos y cimentaciones.* Mexico : Limusa, S.A. de C.V grupo noriega editores, 2004. 968-18-6489-1.

**Cristina Gema, Argiz Lucio. 2014.** *Estudio de la utilización de las cenizas de cenicero de centrales termoeléctricas de carbón como adición del cemento portland análisis comparativo con las cenizas volantes.* Universidad Politécnica de Madrid, Madrid : 2014.

**DAvidovits, Joseph. 1993.** *Geopolymer cement to minimize carbon-dioxide greenhouse-warming.* Estados Unidos : American Ceramic Society, 1993. f-02100.

**EG -. 2013.** *Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción".* Lima : Diario Oficial " El Peruano", 2013. 225-2013-MTC/04.

**Fernandez Carrasco, Lucia J y Vasquez, E. 2008.** *Formación de Etringita en Mezclas Ternarias.* Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya, 2008. 08034.

**Fernández Jimenes, A., Palomo, A y Criado, M. 2006.** *Activación Alcalina de Cenizas Volantes. Estudio Comparativo Entre Activadores Sódicos Y Potásicos.* Madrid : Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, (CSIC), 2006. Vols. 6, 281, 51-65. 0465-2746.

**Gabilanes Bayas, Erick Giobanny. 2015.** *Estabilización y mejoramiento de subrasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de santos pampa barrio colinas del sur.* Universidad Internacional del Ecuador, Ecuador : 2015.

**Gonzales Carpio, Flor Marilia. 2018.** *Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para sub rasante mejorada para pavimentos en la ciudad de Puno.* Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Puno : 2018.

**González Guerra, Angel Jose Fransisco. 2014.** *Estabilización mecánica de los suelos cohesivos a través de la utilización de cal - ceniza volante.* Universidad Sancarlos de Guatemala, Guatemala : 2014.

**González Boada, Jordi. 2017.** *Clasificación suelos de acuerdo al SUCS Y AASHTO.* Barcelona : Universidad de Granada, 2017.

**Guillen Quintanilla, Marisol. 2018.** *Estabilización con la adición de cal a los suelos de la cantera "ventilla" del km 45+000 de la construcción de la autopista Puno - Juliaca.* Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca : 2018.

**Hausman, Manfred. 1990.** *Principios generadores de la modificación del terreno.* USA : Mc Graw - Hill College, 1990. 0070272794.

**Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. 2014.** *Metodología de la Investigación.* Mexico : Mc Graw Hill Education, 2014. 978-1-4562-2396-0.

**Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María del Pilar. 2014.** *Metodología de la investigación.* Mexico : Interamericana editores, S.A. DE C.V, 2014. 9781456223960.

**Huezo Maldonado, Heber Manrique y Orellana Martinez, Alber Cristian. 2009.** *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular el salvador.* Universidad el Salvador, San Salvador : 2009.

**IEA. 2013.** Agencia Europea de Medio Ambiente. *Eficiencia de la generación térmica convencional de electricidad.* [En línea] IEA, 05 de marzo de 2013. [Citado el: 10 de marzo de 2021.] <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/iea-2005-reducing-greenhouse-gas>.

**Marcon, Antonio Fortunato. 1997.** *Durabilidad e modulo de elatisidade de misturas areia - cal - cinza volante.* Rio de Janeiro : Revista brasileña, 1997.

**Nardi, José Vidal. 1975.** *Estabilización de arena con gris volante y cual efecto de cemento como aditivo y de brita en la mezcla mestrado.* Univerdade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro : 1975.

**Núñez Rojas, Dagoberto. 2011.** *Elección y dosificación del conglomerante en estabilización de suelos.* Instituto Tecnológico de Sonora, Obregón, Sonora : 2011.

**Ñaupas Paitán, Humberto, y otros. 2018.** *Metodología de la investigación .* Bogota, Colombia : De U-Carrera27, 2018. 978-958-762-876-0.

**Palli Apaza, Edwin Eber. 2015.** *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Roman.* Universidad Nacional del Altiplano, Puno : 2015.

**Parra Gomez , Manuel Gerardo. 2018.** *Estabilización de suelos con cal y ceniza volante.* Universidad Católica de Colombia, Bogota : 2018.

**Pérez Collantes, Rocio. 2012.** *Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos.* Universidad Nacional de Ingenierías , Lima Peru : 2012.

**Perez Rojas, Jenny Costanza y Orjuela Ortiz, Jhon Alexander. 2018.** *Análisis experimental de la expansividad en suelos bentoníticos.* Universidad Católica de Colombia, Bogota : 2018.

**propia. 2021.** Carretera con fallas en la superficie de rodadura. *[figura]*. [En línea] 2021.

**Quiroz Bazán, Ricardo David. 2005.** *Evaluación energética y económica de la central térmica a carbón ILO21.* Universidad Nacional de Ingeniería, Lima : 2005.

**Ravines Merino, María Alejandra. 2010.** *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras.* Universidad de Piura, Piura : 2010.

**Rico Rodriguez, Volumen Alfonso. 2014.** *La ingeniería de suelos en las vías terrestres.* Mexico : Instituto Mexicano de Transporte, 2014.

**RNE C.E.020. 2006.** *Regamento Nacional de Edificaciones.* lima : Instituto de la Construcción y Gerencia, 2006.

**Robayo Núñez, Estefania. 2013.** *Comportamiento mecánico y durabilidad de morteros de cenizas volantes activadas alcalinamente.* Pontificia Universidad Javeriana, Bogota - Colombia : 2013.



- Rodriguez Martinez, Erich david. 2009.** *Eficiencia de Activadores alcalinos basados en diferentes fuentes de sílice para producción de sistemas geopoliméricos de cenizas volantes.* Universidad Politécnica de Valencia, España - Consulado : 2009.
- Rohde, Gerardo Mario. 2005.** *Aspectos Técnicos y ambientales.* Porto Alegre : Edipucrs, 2005. 85-7430-531-6.
- Sampedro Rodriguez, Angel. 2005.** *Tatamiento de suelos con cal.* Madrid : Universidad Alfonso del Savio, 2005. 28001.
- SINAC. 2012.** *Sistema Nacional de Carreteras del Perú.* Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012. 008-2013-MTC.
- Sobhan, Khaled y Mashnad, Mehedy. 2003.** *Mechanical Stabilization of Cemented Soil-Fly Ash Mixtures with Recycled Plastic Strips.* Florida : American Society of civil engineers, 2003. 201914400.
- Suarez Diaz, Jaime. 2012.** *Estabilización de suelos.* Universidad Industrial de Santander Bucaramanga, Colombia : 2012.
- Tapia B, María Antonieta. 2000.** *Metodología de Investigación.* Temuco - Chile : Ingeniería en Gestión Informática, 2000.
- Torres, Raul. 2017.** *El modelo peruano para el desarrollo de caminos rurales.* Lima : Revista de ingeniería, 2017.
- Umaña Peña, Juan Carlos. 2002.** *Síntesis de zeolitas a partir de las cenizas volantes de centrales termoelectricas de carbón.* Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona España : 2002.
- Universidad Catolica del Norte. 2020.** *Mecanica de suelos.* [www3.ucn.cl/facultadesinstitutos/laboratorio/aashtom2](http://www3.ucn.cl/facultadesinstitutos/laboratorio/aashtom2). [En línea] Universidad Católica del Norte, 10 de 04 de 2020. 15.
- Zumarán Alayo, Olga Rocío del Pilar. 2017.** *Estadísticas para la investigación.* Trujillo : Fondo Editorial UCV, 2017. 9786124158759.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. Matriz de operacionalización de variables y matriz de consistencia

VARIABLES	DESCRIPCION CONSEPTUAL	DESCRIPCION OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDICADORES	INTEMS	ESCALA
cal y ceniza volante	<p><b>Ceniza volante:</b> es la porción más fina que se separa de la corriente de gases en combustión en la central termoeléctrica.</p> <p><b>Cal:</b> es comúnmente utilizado como agente estabilizador de suelos de tipo limoso y/o arcilloso</p>	<p>La combinación de ceniza volante y cal es comúnmente utilizada para la estabilización de suelos ya que se comprobó que al combinar con el suelo de cantera aumenta su resistencia mecánica</p>	D1: características técnicas de la cal y ceniza volante.	Tamaño de ceniza volante: < 5-10um Tipo de Cal viva: magnesio > 5%	ASTM C 593 – 95 ASTM C 618 – 03 ASTM D 6276 - 19	Razón
			D2: Dosificación de ceniza volante y cal	0%C y 0%CV (Adición) 3%C y 11%CV (Adición) 6%C y 15%CV (Adición) 9%C y 10%CV (Adición)	ASTM D6276 - 19	Razón
estabilización de suelos arcillosos	<p>Es el proceso que se somete a los suelos naturales arcillosos para mejorar las cualidades, aumentar la resistencia, reducir la plasticidad para así facilitar los trabajos en obras viales.</p>	<p>Los factores que son considerados en la selección de la ceniza volante y cal como estabilizador para afirmados son: el tipo de suelo que se va estabilizar, el tipo de mejora que se desea del suelo, la resistencia que se requiere y su durabilidad de la capa a estabilizar.</p>	D1: Características mecánicas.	I1: Resistencia a la compresión no confinada (Kg/cm2))	ASTM D 2166 AASHTO T 208 NTP 339.167	Razón
				I2: Máxima densidad seca compactada %. (Proctor)	ASTM D698 NTP339.142	Razón
				I3 California bearing Ratio % (CBR)	ASTM D1883 - 16	Razón
			D1: Características físicas.	I1: Límites de contracción (Adimensional).	ASTM D4943 – 18 NTP 339.129	Razón
				I2: Humedad Optima de Compactación. (%).	ASTM D1557 – 12e1	Razón
				I3: Límites de Atterberg (%).	ASTM D 1241. NTP 339.129	Razón

## ANEXO 2. Matriz de consistencia

**Tema : Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, acora, puno 2021**

**Ejecutor : Bach. I.C.: Clemer David, Maquera Flores y Yohel Wilson, Aquino Chura.**

**Fecha : Febrero, 2021.**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
¿En qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, acora, puno 2021?	Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, acora, puno 2021.	La adición de cal y ceniza volante influye significativamente en la estabilidad de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, acora, puno 2021.	<b>Variable independiente:</b> Cal y Ceniza volante	D1: características técnicas de la cal y ceniza volante.  D3: Dosificación de ceniza volante y cal	Tamaño de ceniza volante: < 5-10um Tamaño de la cal: retenido malla N° 200 7% Max. 0%C y 0%CV (Adición) 5%C y 10%CV (Adición) 5%C y 13%CV (Adición) 5%C y 16%CV (Adición)	<b>Tipo:</b> Por enforque: cuantitativo Por su aplicación: Aplicada  <b>Diseño de la investigación:</b> cuasi experimental
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPOTESIS ESPECIFICO				
¿En qué medida influye la adición de cal y ceniza volante en la <b>resistencia a la compresión no confinada</b> de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021?	Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación con la <b>Resistencia a la compresión no confinada</b> en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021.	La adición de cal y ceniza volante mejora significativamente en la en la <b>Resistencia a la compresión no confinada</b> en suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021.			11: Resistencia a la compresión no confinada (Kg/cm2)	<b>Población:</b> Suelos arcillosos  <b>Muestra:</b> carretera Acora – Jayujayu Km 17+600 al Km 20+700 (2.1 km)
¿En qué medida influye la adición de cal y ceniza volante en la <b>máxima densidad seca</b> de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021?	Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación con la <b>máxima densidad seca</b> en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021.	La adición de cal y ceniza volante mejora significativamente en la en la <b>máxima densidad seca</b> en suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021.		D1: Características mecánicas.	12: Máxima densidad seca compactada kN/m3. (Proctor)	<b>Técnica:</b> Observación directa  <b>Instrumento:</b> Recolección de fichas técnicas
¿En qué medida influye la adición de cal y ceniza volante en el <b>CBR</b> de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021?	Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación el <b>CBR</b> en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021.	La adición de cal y ceniza volante aumenta significativamente en el <b>CBR</b> de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021.			13: California bearing Ratio % (CBR)	
¿En qué medida influye la adición de cal y ceniza volante en los <b>límites de contracción</b> de suelos arcillosos en caminos vecinales,	Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación los <b>límites de contracción</b> en caminos	La adición de cal y ceniza volante mejora los <b>límites de contracción</b> de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021.	<b>Variable dependiente.</b> Estabilización de suelos arcillosos.	D1: Características físicas.	11: Límites de contracción	

carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021?	vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021.				
¿En qué medida influye la adición de cal y ceniza volante en la <b>humedad optima de compactación</b> de suelos arcillosos en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021?	Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación a la <b>humedad optima de compactación</b> en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021.	Con la adición de cal y ceniza volante varia la humedad óptima de compactación en suelos arcillosos para la carretera Acora – Jayujayu, acora, puno 2021.			I2: Humedad Optima de Compactación. (%).
¿En que medida influye la adición de cal y ceniza volante, en los <b>límites de Atterberg</b> en suelos arcillosos, carretera Acora – Jayujayu, puno 2021?	Determinar en qué medida la adición de cal y ceniza volante influye en la estabilidad de suelos arcillosos en relación con <b>los Límites de Atterberg</b> en caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, Acora, puno 2021.	La adición de cal y ceniza volante reduce la plasticidad en suelos arcillosos en los caminos vecinales, carretera Acora – Jayujayu, acora, puno 2021.			I3: Limites de Atterberg (%).

**ANEXO 3.** Validez y confiabilidad de las variables de recolección de datos



**FICHA TÉCNICA N° 01**

Normativa aplicada (ASTM D 2166; AASHTO T 208; NTP 339.167)



<b>INDICADOR</b>	: Resistencia a la compresión no confinada.
<b>TESIS</b>	: Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu,
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	: Estabilización de suelos arcillosos

N°	DOSIFICACIÓN	UNIDAD y/o MEDIDA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA.			PROMEDIO
			R - 1	R - 2	R - 3	
01	0% C + 0% CV	Kg/cm2	1.91	1.83	1.82	1.85
02	5% C + 10% CV	Kg/cm2	2.98	3.85	4.64	3.82
03	5% C + 13% CV	Kg/cm2	5.55	5.56	5.98	5.70
04	5% C + 16% CV	Kg/cm2	11.05	7.66	8.63	9.11

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS**

EXP.	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	NOTA
01	Ing. Frank Reynaldo, PEREZ LIMACHI.	115078	 FRANK REYNALDO PEREZ LIMACHI INGENIERO CIVIL CIP. 115078	1.00
02	Ing. Wilber William, QUENTA TICONA.	128268	 WILBER WILLIAM QUENTA TICONA INGENIERO CIVIL CIP. N° 128268	0.93
03	Ing. Alex Luis, GOMEZ CALLA.	209196	 ING. COMERCIO Y CONTRATOS GENERALES S.A.C. ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA ING. DE COMERCIO Y CONTRATOS GENERALES S.A.C. - CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO CIP. 209196	0.80



# FICHA TÉCNICA N° 02

Normativa aplicada (ASTM D698; NTP339.142)



INDICADOR	: Máxima densidad seca compactada (Proctor).
TESIS	: Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora - Jayujayu, Acora, Puno 2021
VARIABLE DEPENDIENTE	: Estabilización de suelos arcillosos

N°	DOSIFICACIÓN	UNIDAD y/o MEDIDA	MAXIMA DENSIDAD SECA COMPACTADA (PROCTOR).				PESO UNITARIO SECO MAX
			R - 1	R - 2	R - 3	R - 4	
01	0% C + 0% CV	% Agua	7.72%	9.65%	13.02%	17.24%	11.50%
		kN/m <sup>3</sup>	18.35	18.49	18.46	17.54	18.55
02	5% C + 10% CV	% Agua	11.32%	13.29%	16.40%	21.20%	15.50%
		kN/m <sup>3</sup>	18.47	18.64	18.78	17.29	18.86
03	5% C + 13% CV	% Agua	12.07%	14.28%	16.36%	18.49%	15.10%
		kN/m <sup>3</sup>	18.75	19.05	18.98	18.51	19.07
04	5% C + 16% CV	% Agua	13.21%	15.07%	17.00%	18.91%	14.90%
		kN/m <sup>3</sup>	18.9	19.28	18.46	17.67	19.30

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

EXP.	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	NOTA
01	Ing. Frank Reynaldo, PEREZ LIMACHI.	115078	 FRANK REYNALDO PÉREZ LIMACHI INGENIERO CIVIL CIP. 115078	1.00
02	Ing. Wilber William, QUENTA TICONA.	128268	 WILBER WILLIAM QUENTA TICONA INGENIERO CIVIL CIP. N° 128268	0.94
03	Ing. Alex Luis, GOMEZ CALLA.	209196	 ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA CIP. 209196	0.85



# FICHA TÉCNICA N° 03

Normativa aplicada (ASTM D1883 - 16)

**UCV**  
UNIVERSIDAD  
CÉSAR VALLEJO

INDICADOR	: California bearing Ratio (CBR).
TESIS	: Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu,
VARIABLE DEPENDIENTE	: Estabilización de suelos arcillosos

N°	DOSIFICACIÓN	UNIDAD y/o MEDIDA	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR).			PROMEDIO
			R - 56	R - 25	R - 12	
01	0% C + 0% CV	%	28	19	13	20
02	5% C + 10% CV	%	62	39	26	42
03	5% C + 13% CV	%	72	52	36	53
04	5% C + 16% CV	%	87	65	46	66

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

EXP.	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	NOTA
01	Ing. Frank Reynaldo, PEREZ LIMACHI.	115078	 FRANK REYNALDO PEREZ LIMACHI INGENIERO CIVIL CIP. 115078	1.00
02	Ing. Wilber William, QUENTA TICONA.	128268	 WILBER WILLIAM QUENTA TICONA INGENIERO CIVIL CIP. N° 128268	0.98
03	Ing. Alex Luis, GOMEZ CALLA.	209196	 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA CIP. 209196	0.82





## FICHA TÉCNICA N° 04

Normativa aplicada (ASTM D4943 – 18; NTP 339.129)

**UCV**  
UNIVERSIDAD  
CÉSAR VALLEJO

INDICADOR	: Límites de contracción.
TESIS	: Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021
VARIABLE DEPENDIENTE	: Estabilización de suelos arcillosos

N°	DOSIFICACIÓN	UNIDAD y/o MEDIDA	LÍMITES DE CONTRACCIÓN.			OBSERVACIONES
			Límite de contracción	Relación de contracción	Contracción volumétrica	
01	0% C + 0% CV	%	15%	11 83%	-16%	
02	5% C + 10% CV	%	13%	2%	-19%	
03	5% C + 13% CV	%	12%	2%	-14%	
04	5% C + 16% CV	%	8%	2%	2%	

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

EXP.	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	NOTA
01	Ing. Frank Reynaldo, PEREZ LIMACHI.	115078	 FRANK REYNALDO PEREZ LIMACHI INGENIERO CIVIL CIP. 115078	1.00
02	Ing. Wilber William, QUENTA TICONA.	128268	 WILBER WILLIAM QUENTA TICONA INGENIERO CIVIL CIP. N° 128268	0.96
03	Ing. Alex Luis, GOMEZ CALLA.	209196	 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA CIP. N° 209196	0.80



# FICHA TÉCNICA N° 05

Normativa aplicada (ASTM D1557 – 12e1)



INDICADOR	: Humedad Óptima de Compactación.
TESIS	: Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno 2021
VARIABLE DEPENDIENTE	: Estabilización de suelos arcillosos

N°	DOSIFICACIÓN	UNIDAD y/o MEDIDA	HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN.				OBTIMO
			R - 1	R - 2	R - 3	R - 4	
01	0% C + 0% CV	% Agua	7.72%	9.65%	13.02%	17.24%	11.50%
		kN/m <sup>3</sup>	18.35	18.49	18.46	17.54	18.55
02	5% C + 10% CV	% Agua	11.32%	13.29%	16.40%	21.20%	15.50%
		kN/m <sup>3</sup>	18.47	18.64	18.78	17.29	18.86
03	5% C + 13% CV	% Agua	12.07%	14.28%	16.36%	18.49%	15.10%
		kN/m <sup>3</sup>	18.75	19.05	18.98	18.51	19.07
04	5% C + 16% CV	% Agua	13.21%	15.07%	17.00%	18.91%	14.90%
		kN/m <sup>3</sup>	18.9	19.28	18.46	17.67	19.30

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

EXP.	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	NOTA
01	Ing. Frank Reynaldo, PEREZ LIMACHI.	115078	 FRANK REYNALDO PÉREZ LIMACHI INGENIERO CIVIL CIP. 115078	1.00
02	Ing. Wilber William, QUENTA TICONA.	128268	 WILBER WILLIAM QUENTA TICONA INGENIERO CIVIL CIP. N° 128268	0.97
03	Ing. Alex Luis, GOMEZ CALLA.	209196	 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA CIP. 209196	0.86



## FICHA TÉCNICA N° 06

Normativa aplicada (ASTM D 1241, NTP 339.129)

**UCV**  
UNIVERSIDAD  
CESAR VALLEJO

INDICADOR	: Límites de Atterberg.
TESIS	: Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno
VARIABLE DEPENDIENTE	: Estabilización de suelos arcillosos

N°	DOSIFICACIÓN	UNIDAD y/o MEDIDA	LÍMITES DE ATTERBERG.		
			L.L.	L.P	I.P.
01	0% C + 0% CV	%	36.44	20.98	15.46
02	5% C + 10% CV	%	33.61	22.39	11.22
03	5% C + 13% CV	%	30.66	22.7	7.96
04	5% C + 16% CV	%	28.03	22.89	5.14

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

EXP.	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	NOTA
01	Ing. Frank Reynaldo, PEREZ LIMACHI.	115078	 FRANK REYNALDO PÉREZ LIMACHI INGENIERO CIVIL CIP. 115078	1.00
02	Ing. Wilber William, QUENTA TICONA.	128268	 WILBER WILLIAM QUENTA TICONA INGENIERO CIVIL CIP. N° 128268	0.95
03	Ing. Alex Luis, GOMEZ CALLA.	209196	 ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA CIP. 209196	0.90

# ANEXO 4. Ensayos de laboratorio



**G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.**

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

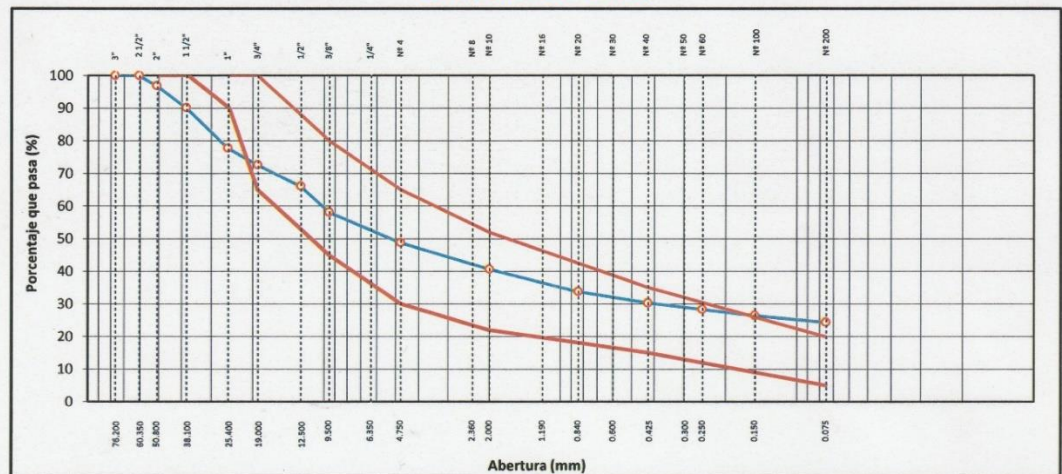
<b>PROYECTO</b>	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b> : T_UCV_AM-05/21-01-G&C
		<b>Fecha</b> : 12 de Mayo del 2021

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b> : PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
<b>CANTERA</b> : JAYU JAYU	<b>SOLICITANTE</b> : Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA	<b>COORDENADAS</b>
<b>EXPERIMENTO</b> : MUESTRA PATRON	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 2 1/2 in.	<b>ESTE</b> :
<b>MUESTRA</b> : M - 01	<b>CLASIF. SUELOS</b> : GC	<b>NORTE</b> :
<b>PROFUND.</b> : SUPERF.		<b>COTA</b> : m.s.n.m.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4316 - D3282 - D2467)
10 in.	254.000						Peso inicial seco : 7420.00 gr. Peso Fracción : 235.03 gr.
6 in.	152.400						
5 in.	127.000						<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO</b> Contenido de Humedad (%) : 1.24 TAMAÑO MÁXIMO : 2 1/2 in. Límite Líquido (LL) : 36.44 Límite Plástico (LP) : 20.88 Índice Plástico (IP) : 15.56 Clasificación (SUCS) : GC Clasificación (AASHTO) : A-2-6 (1) Índice de Consistencia : 2.26  <b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b> Descripción ( AASHTO) : REGULAR Descripción ( SUCS) : Grava arcillosa con arena  Materia Orgánica : Turba : -- CU : 0.000 CC : 0.000  <b>CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS</b> Grava > 2" : 3.09 Grava 2" - Nº 4 : 48.16 Arena Nº4 - Nº 200 : 24.39 Finos < Nº 200 : 24.36 %>3" : 0.0%
4 in.	101.600						
3 in.	76.200						
2 1/2 in.	60.350				100.00		
2 in.	50.800	229.06	3.09	3.09	96.91	100%	
1 1/2 in.	38.100	507.80	6.84	9.93	90.07	100%	
1 in.	25.400	913.54	12.31	22.24	77.76	90% - 100%	
3/4 in.	19.000	379.49	5.11	27.36	72.64	65% - 100%	
1/2 in.	12.500	485.18	6.54	33.90	66.10		
3/8 in.	9.500	594.88	8.02	41.91	58.09	48% - 80%	
1/4 in.	6.350						
Nº 4	4.750	692.38	9.33	51.24	48.76	30% - 65%	
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	599.38	8.08	59.32	40.68	22% - 52%	
Nº 16	1.190						
Nº 20	0.840	514.72	6.94	66.26	33.74		
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.425	254.44	3.43	69.69	30.31	15% - 35%	
Nº 50	0.300						
Nº 60	0.250	149.31	2.01	71.70	28.30		
Nº 100	0.150	139.92	1.89	73.59	26.41		
Nº 200	0.075	152.08	2.05	75.64	24.36	5% - 20%	
< Nº 200	FONDO	1807.83	24.36	100.00			

### CURVA GRANULOMÉTRICA



**OBSERVACIONES:** Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 Ingrid Mary Carmen YANA CONDORI  
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 200278

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 ING. ALEX LLUM GÓMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 200278



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

<b>PROYECTO</b>	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, : MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b> : T_UCV_AM-05/21-01-G&C
		<b>Fecha</b> : 12 de Mayo del 2021

### I. DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b> : PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
<b>CANTERA</b> : JAYU JAYU	<b>SOLICITANTE</b> : Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>EXPERIMENTO</b> : MUESTRA PATRON	
<b>MUESTRA</b> : M - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 2 1/2 in.
<b>PROFUND.</b> : SUPERF.	<b>CLASIF. SUELOS</b> : GC

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 01	CH - 02	CH - 03
Peso Tara	(gr.)	70.72	72.20	78.94
Peso Tara + Suelo Humedo	(gr.)	396.70	318.80	383.30
Peso Tara + Suelo Seco	(gr.)	392.30	315.20	380.70
Peso Agua	(gr.)	4.40	3.60	2.60
Peso Suelo Seco	(gr.)	321.58	243.00	301.76
Contenido de Humedad	(gr.)	1.37	1.48	0.86
<b>PROMEDIO</b>	(%)	1.24		

### Observaciones:

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Mary CARMEN YANA CONDOORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4738032

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176



**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>PROYECTO</b>	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, : MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b> : T_UCV_AM-05/21-01-G&C
		<b>Fecha</b> : 12 de Mayo del 2021

**DATOS GENERALES**

<b>UBICACIÓN</b> : PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	<b>SOLICITANTE</b> : Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>CANTERA</b> : JAYU JAYU	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 2 1/2 in.
<b>EXPERIMENTO</b> : MUESTRA PATRON	<b>CLASIF. SUELOS</b> : GC
<b>MUESTRA</b> : M - 01	
<b>PROFUND.</b> : SUPERF.	

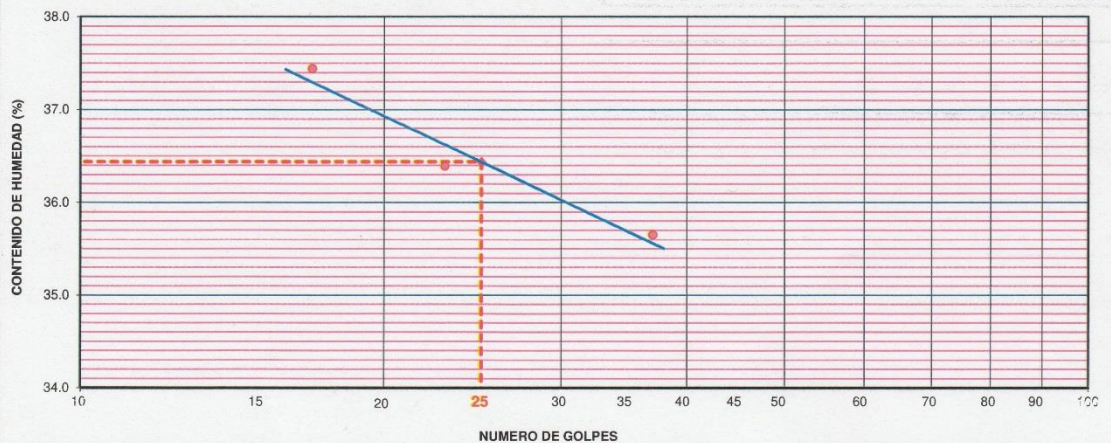
**LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)**

Nro. DE TARA	n°	LC - 01	LC - 02	LC - 03
PESO DE LA TARA	(g)	45.84	45.92	45.91
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	66.14	64.21	62.50
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	60.61	59.33	58.14
PESO DE AGUA	(g)	5.53	4.88	4.36
PESO DEL SUELO SECO	(g)	14.77	13.41	12.23
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>37.44</b>	<b>36.39</b>	<b>35.65</b>
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>37</b>

**LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)**

Nro. DE TARA		LC - 04	LC - 05
PESO DE LA TARA	(g)	46.94	47.87
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	50.60	50.86
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	49.96	50.35
PESO DE AGUA	(g)	0.64	0.51
PESO DEL SUELO SECO	(g)	3.02	2.48
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>21.19</b>	<b>20.56</b>

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ - LÍMITE LÍQUIDO**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LIMITE LIQUIDO	36.44
LIMITE PLASTICO	20.88
INDICE DE PLASTICIDAD	15.56

**OBSERVACIONES**

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*Mary Carmen Yana*  
Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4726020

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*Alex Luis Gomez*  
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209376

## RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12e1)

<b>PROYECTO</b>	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS : VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_AM-05/21-01-G&C
		<b>Fecha</b>	: 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
<b>CANTERA</b>	: JAYU JAYU	<b>SOLICITANTE</b>	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>EXPERIMENTO</b>	: MUESTRA PATRON	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 2 1/2 in.
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>CLASIF. SUELOS</b>	: GC
<b>PROFUND.</b>	: SUPERF.	<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	: m.s.n.m.

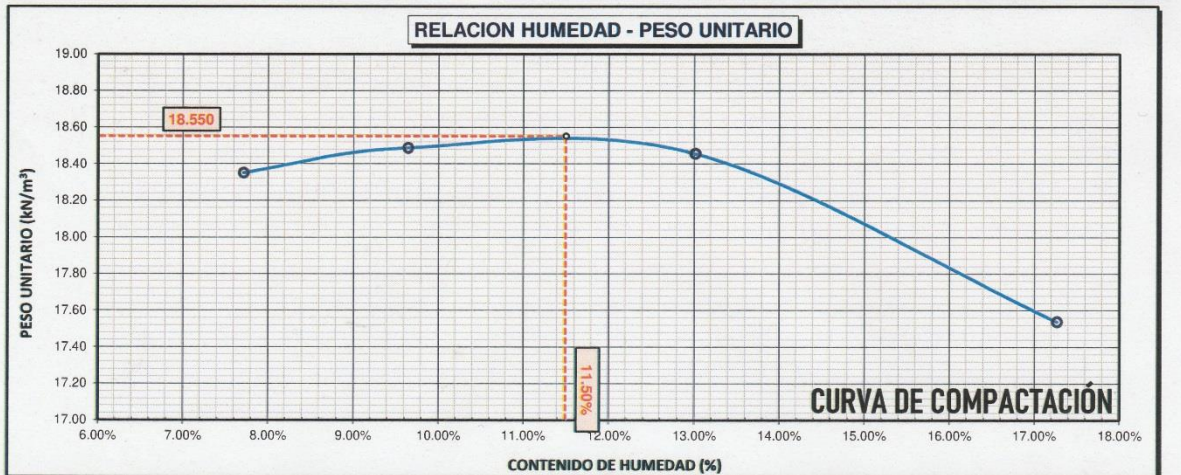
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: GC	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b>	: 27.36 %
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-2-6 (1)	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b>	: 41.91 %
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Grava arcillosa con arena	<b>% Ret. Tamiz N°4</b>	: 51.24 %
		<b>METODO DE ENSAYO</b>	: Método "C"
		<b>No DE CAPAS</b>	: 05
		<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56

EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	: X - 01	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 2118 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	: 9,062 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	g.	13331	13440	13567	13504
<b>Masa del Molde</b>	g.	9062	9062	9062	9062
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	4269	4378	4505	4442
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.016	2.067	2.127	2.097

Capsula No	No	TP-01	TP-02	TP-03	TP-04
<b>Masa de la Capsula</b>	g.	45.50	49.54	48.97	47.37
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	g.	354.00	381.40	351.11	301.17
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	g.	331.90	352.20	316.31	263.79
<b>Masa del Agua</b>	g.	22.10	29.20	34.80	37.38
<b>Masa del Suelo Seco</b>	g.	286.40	302.66	267.34	216.42
<b>Humedad (%)</b>	%	7.72%	9.65%	13.02%	17.27%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	7.72%	9.65%	13.02%	17.27%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.871	1.885	1.882	1.788
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	18.35	18.49	18.46	17.54

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	: ASTM D-1557-12e1	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.892 gr/cc	: 18.550 kN/m <sup>3</sup>
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo	<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 11.50 %	: 11.50 %



**OBSERVACIONES**

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

*[Signature]*  
Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDOBY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
UNI - 4719122

*[Signature]*  
ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP - 209176



**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

**STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)**

<b>PROYECTO</b>	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_AM-05/21-01-G&C
		<b>Fecha</b>	: 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
<b>CANTERA</b>	: JAYU JAYU	<b>SOLICITANTE</b>	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson
<b>EXPERIMENTO</b>	: MUESTRA PATRON	<b>COORDENADAS</b>	
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 2 1/2 in.
<b>PROFUND.</b>	: SUPERF.	<b>CLASIF. SUELOS</b>	: GC
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	: m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: GC	<b>METODO DE ENSAYO</b>	Método "C"
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-2-6 (1)	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 18.55 kN/m <sup>3</sup>
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Grava arcillosa con arena	<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 11.50 %
		<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
		<b>TIPO DE MARTILLO</b>	: Manual
		<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo

MOLDE No	COD.	A-1	N-1	Q-1			
<b>NUMERO DE CAPAS</b>	n°	5	5	5			
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	n°	56	25	12			
<b>N° SOBRECARGA CIRCULAR</b>	n°	1	1	1			
<b>N° SOBRECARGA ANULAR</b>	n°	1	1	1			
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Húmedo + Molde	g.	12572	12660	12036	12155	10811	10986
Masa del Molde	g.	8098	8098	7760	7760	6798	6798
Masa del Suelo Húmedo	g.	4474	4562	4276	4395	4013	4188
Volumen del Suelo	cm <sup>3</sup>	2121	2121	2132	2132	2117	2117
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm <sup>3</sup>	2.109	2.151	2.006	2.061	1.896	1.978
Capsula No	No	PC - 1	PC - 2	PC - 3	PC - 4	PC - 5	PC - 6
Masa de la Capsula	g.	83.95	83.99	85.17	84.75	83.54	81.81
Suelo Húmedo + Capsula	g.	535.99	573.69	541.67	458.11	509.53	534.65
Masa del Suelo Seco + Capsula	g.	489.37	518.47	494.48	410.32	465.46	470.65
Masa del Agua	g.	46.62	55.22	47.19	47.79	44.07	64.00
Masa del Suelo Seco	g.	405.42	434.48	409.31	325.57	381.92	388.84
% de Humedad	%	11.50%	12.71%	11.53%	14.68%	11.54%	16.46%
Promedio de Humedad	%	11.50%	12.71%	11.53%	14.68%	11.54%	16.46%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	1.892	1.908	1.798	1.798	1.700	1.699
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	18.553	18.714	17.635	17.628	16.666	16.658

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	321.00	0.00	0.00	321.00	0.00	0.00	320.00	0.00	0.00
		24:00:00	323.00	0.05	0.04	324.00	0.08	0.06	324.00	0.10	0.08
		48:00:00	324.00	0.08	0.06	327.00	0.15	0.12	328.00	0.20	0.16
		72:00:00	325.55	0.12	0.09	330.00	0.23	0.18	332.00	0.30	0.24
		96:00:00	327.00	0.15	0.12	334.00	0.33	0.26	336.00	0.41	0.32

PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm <sup>2</sup> / Mpa	MOLDE No A-1				MOLDE No N-1				MOLDE No Q-1					
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)		
0.00	0	00:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00			
0.63	0.025	00:30		88.5	4.57	0.45	48.5	2.51	0.25		36.0	1.86	0.18				
1.27	0.050	01:00		204.0	10.54	1.03	113.5	5.87	0.58		87.5	4.52	0.44				
1.90	0.075	01:30		294.0	15.19	1.49	188.5	9.74	0.96		131.0	6.77	0.66				
2.54	0.100	02:00	70.31 / 6.9	371.0	19.17	1.88	27.54	249.0	12.87	1.26	18.84	174.0	8.99	0.88	13.04		
3.17	0.125	02:30		460.5	23.80	2.33		299.5	15.48	1.52		210.5	10.88	1.07			
3.81	0.150	03:00		542.0	28.01	2.75		370.5	19.15	1.88		256.0	13.23	1.30			
5.08	0.200	04:00	105.46 / 10.35	721.0	37.26	3.65	34.78	484.5	25.04	2.46	24.64	337.5	17.44	1.71	16.43		
6.35	0.250	05:00		845.0	43.67	4.28		570.5	29.48	2.89		388.5	20.08	1.97			
7.62	0.300	06:00		927.0	47.91	4.70		630.5	32.58	3.20		440.5	22.76	2.23			
8.89	0.350	07:00		1002.5	51.81	5.08		672.5	34.75	3.41		490.5	25.35	2.49			
10.16	0.400	08:00		1069.5	55.27	5.42		733.0	37.88	3.72		550.0	28.42	2.79			
11.43	0.450	09:00		1120.0	57.88	5.68		786.5	40.65	3.99		605.0	31.27	3.07			
12.70	0.500	10:00		1152.5	59.56	5.84		801.0	41.40	4.06		651.0	33.64	3.30			

OBSERVACIONES : Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

Presna de CBR con Molde de Lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".

Certificado N° MT-LF-026-2019/83288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

ING. T.C. MARY CARMEN VARGAS CORDOBA  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 47338339

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209378





**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

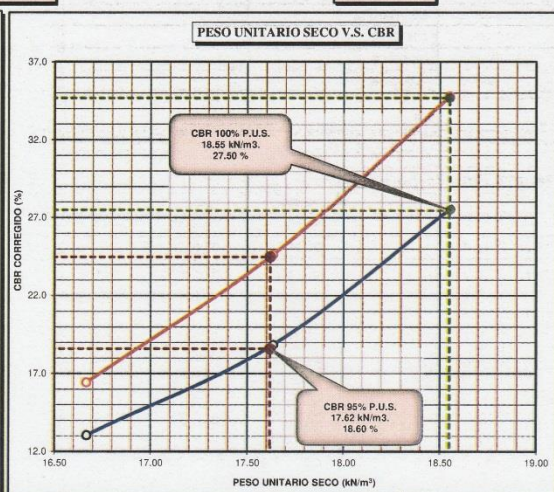
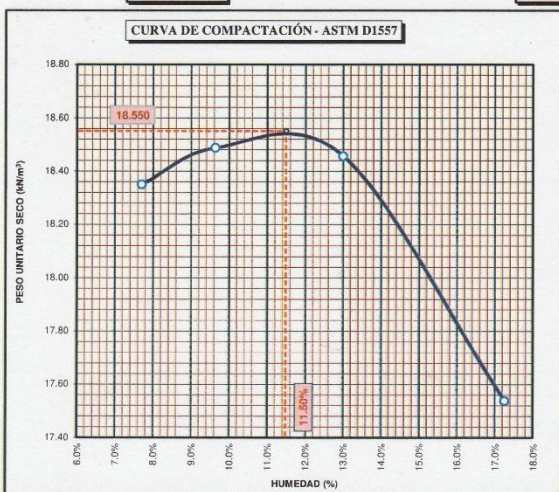
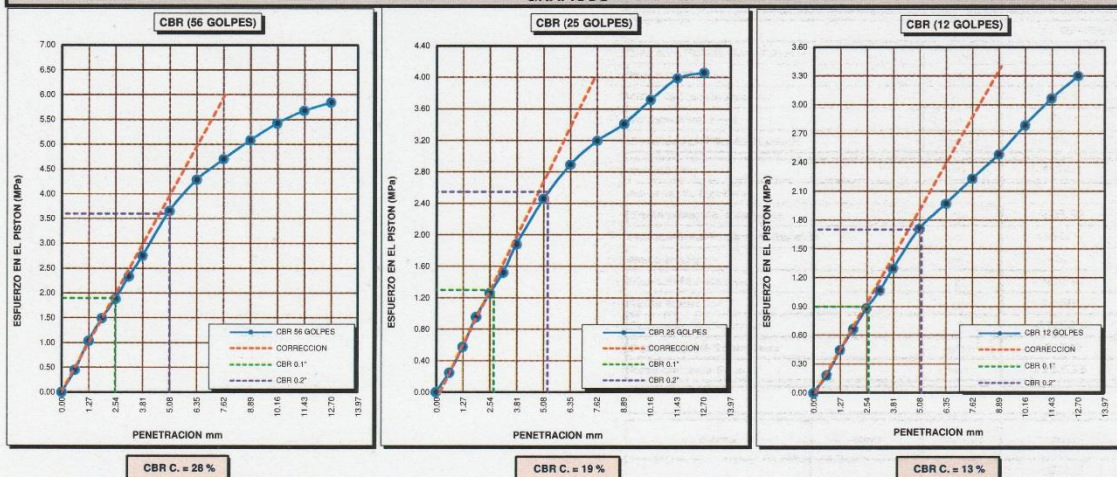
<b>PROYECTO</b>	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b> : T_UCV_AM-05/21-01-G&C
		<b>Fecha</b> : 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
<b>CANTERA</b>	: JAYU JAYU	<b>SOLICITANTE</b> : Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>EXPERIMENTO</b>	: MUESTRA PATRON	<b>COORDENADAS</b>
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>ESTE</b> :
<b>PROFUND.</b>	: SUPERF.	<b>NORTE</b> :
	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 2 1/2 in.	<b>COTA</b> : m.s.n.m.
	<b>CLASIF. SUELOS</b> : GC	

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: GC	<b>NORMA</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-2-6 (1)	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 18.55 kN/m <sup>3</sup>
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Grava arcillosa con arena	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: Método "C"
		<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b>	: 17.62 kN/m <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 11.50 %

<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>27.50 %</b>	<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>34.70 %</b>
<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>18.60 %</b>	<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>24.50 %</b>

**GRAFICOS**



**OBSERVACIONES**

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.  
Certificado N° MT-LL-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

Bch. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
INGENIERA ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI-4733633

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CPI-209376



**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

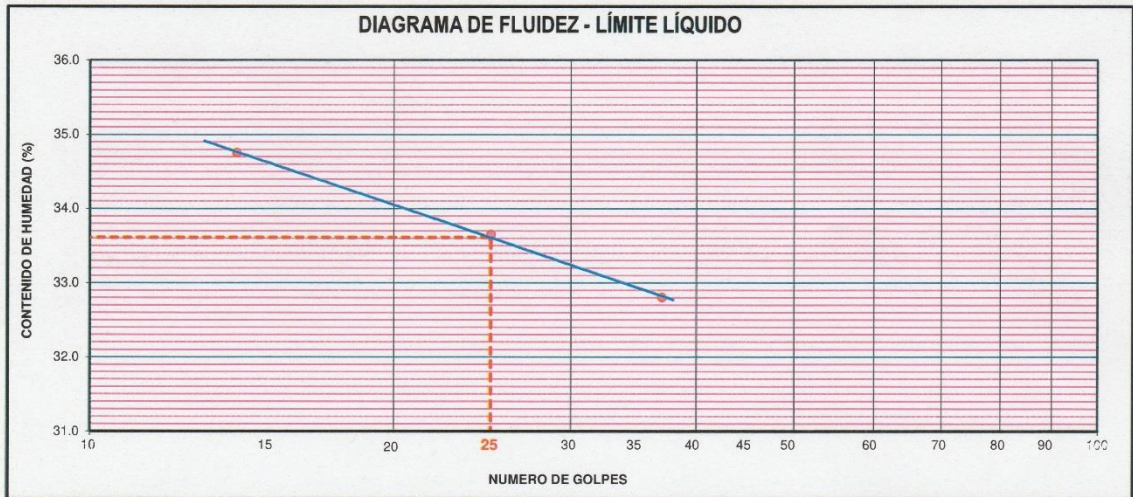
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>PROYECTO</b>	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b> : T_UCV_AM-05/21-02-G&C
		<b>Fecha</b> : 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES	
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO
<b>CANTERA</b>	: JAYU JAYU
<b>EXPERIMENTO</b>	: " 01 "
<b>MUESTRA</b>	: 5% CAL + 10% CENIZA
<b>PROFUND.</b>	: SUPERF.
<b>SOLICITANTE</b>	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 2 1/2 in.
<b>CLASIF. SUELOS</b>	: GC

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 06	LC - 07	LC - 08	
PESO DE LA TARA	(g)	46.83	45.95	42.95	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	66.18	64.22	59.59	
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	61.19	59.62	55.48	
PESO DE AGUA	(g)	4.99	4.60	4.11	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	14.36	13.67	12.53	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	<b>34.75</b>	<b>33.65</b>	<b>32.80</b>	
NUMERO DE GOLPES	n°	<b>14</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 09	LC - 10		
PESO DE LA TARA	(g)	46.39	49.02		
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	49.31	52.60		
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	48.78	51.94		
PESO DE AGUA	(g)	0.53	0.66		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.39	2.92		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	<b>22.18</b>	<b>22.60</b>		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	33.61
LÍMITE PLÁSTICO	22.39
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11.22

OBSERVACIONES
Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*Maquera*  
Bach. LEO MARY CARMEN VANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 40590308

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*Gomez*  
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CPI: 209978



## RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12e1)

PROYECTO	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS : VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	Registro N°	: T_UCV_AM-05/21-02-G&C
		Fecha	: 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
CANTERA	: JAYU JAYU	SOLICITANTE	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
EXPERIMENTO	: " 01 "		
MUESTRA	: 5% CAL + 10% CENIZA	TAMANO MÁXIMO	: 2 1/2 in.
PROFUND.	: SUPERF.	CLASIF. SUELOS	: GC
		COORDENADAS	
		ESTE	:
		NORTE	:
		COTA	: m.s.n.m.

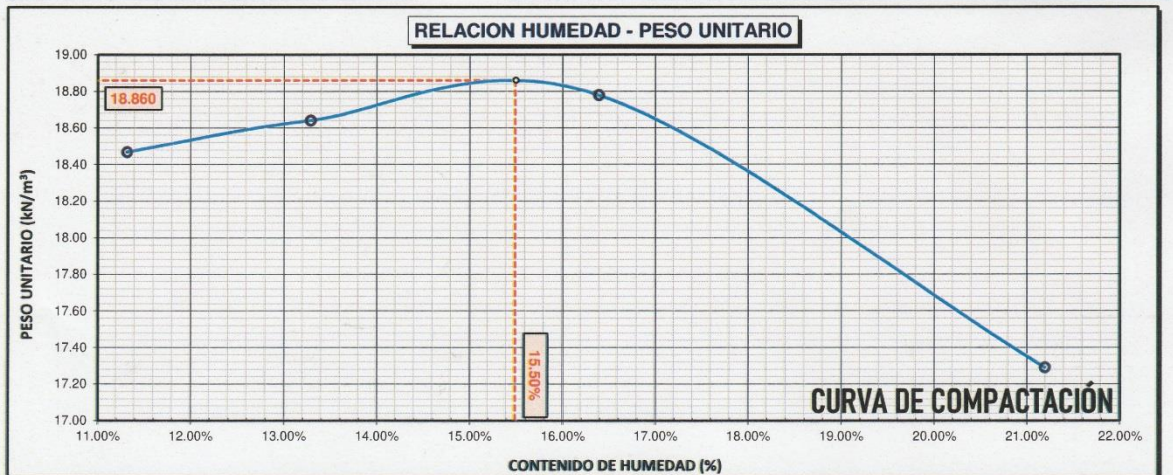
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: GC	% Ret. Tamiz 3/4"	: 27.36 %
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-2-6 (0)	% Ret. Tamiz 3/8"	: 41.91 %
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Grava arcillosa con arena	% Ret. Tamiz N°4:	: 51.24 %
		METODO DE ENSAYO	: Método "C"
		No DE CAPAS	: 05
		GOLPES POR CAPA	: 56

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	: X - 01	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm <sup>3</sup>
MASA DEL MOLDE	: 9,062 g.	TIPO DE MARTILLO	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	g.	13502	13623	13783	13588
Masa del Molde	g.	9062	9062	9062	9062
Masa del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	4440	4561	4721	4526
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.096	2.153	2.229	2.137

Capsula No	No	TP-05	TP-06	TP-07	TP-08
Masa de la Capsula	g.	57.85	58.54	57.52	61.29
Suelo Humedo + Capsula	g.	346.85	387.39	396.52	437.94
Masa del Suelo Seco + Capsula	g.	317.46	348.81	348.76	372.06
Masa del Agua	g.	29.39	38.58	47.76	65.88
Masa del Suelo Seco	g.	259.61	290.27	291.24	310.77
Humedad (%)	%	11.32%	13.29%	16.40%	21.20%
Promedio de Humedad (%)	%	11.32%	13.29%	16.40%	21.20%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	1.883	1.901	1.915	1.763
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	18.47	18.64	18.78	17.29

PROCTOR MODIFICADO	: ASTM D-1557-12e1	PESO UNITARIO SECO	1.923 gr/cc	18.860 kN/m <sup>3</sup>
MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo	HUMEDAD OPTIMA	15.50 %	15.50 %



**OBSERVACIONES**

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
Red: L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4793020

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
ING. ALEX LLIBRE GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209874



**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

PROYECTO	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	Registro N°	: T_UCV_AM-05/21-02-G&C
		Fecha	: 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
CANTERA	: JAYU JAYU	SOLICITANTE	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohe Wilson AQUINO CHURA
EXPERIMENTO	: " 01 "	COORDENADAS	
MUESTRA	: 5% CAL + 10% CENIZA	TAMANO MÁXIMO	: 2 1/2 in.
PROFUND.	: SUPERF.	CLASIF. SUELOS	: GC
		ESTE	:
		NORTE	:
		COTA	: m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: GC	METODO DE ENSAYO	Método "C"
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-2-6 (0)	PESO UNITARIO SECO	: 18.86 kN/m3
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Grava arcillosa con arena	HUMEDAD ÓPTIMA	: 15.50 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: 4 Días (96 Horas)
		TIPO DE MARTILLO	: Manual
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

MOLDE No	COD.	A-2	N-2	Q-2
NUMERO DE CAPAS	n°	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	12
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR
		SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	g.	12220	12277	12170	12293	10981	11162
Masa del Molde	g.	7496	7496	7698	7698	6755	6755
Masa del Suelo Humedo	g.	4724	4781	4472	4595	4226	4407
Volumen del Suelo	cm³	2127	2127	2122	2122	2115	2115
Densidad del Suelo Humedo	g/cm³	2,221	2,248	2,107	2,165	1,998	2,084

Capsula No	No	PC - 7	PC - 8	PC - 9	PC - 10	PC - 11	PC - 12
Masa de la Capsula	g.	82.69	83.52	81.80	83.86	85.93	84.79
Suelo Humedo + Capsula	g.	532.53	472.06	521.34	592.21	456.55	605.97
Masa del Suelo Seco + Capsula	g.	472.16	416.17	462.45	512.56	406.98	517.99
Masa del Agua	g.	60.37	55.89	58.89	79.65	49.57	87.98
Masa del Suelo Seco	g.	389.47	332.65	380.65	428.70	321.05	433.20
% de Humedad	%	15.50%	16.80%	15.47%	18.58%	15.44%	20.31%
Promedio de Humedad	%	15.50%	16.80%	15.47%	18.58%	15.44%	20.31%
Densidad del Suelo Seco	g/cm³	1.923	1.924	1.825	1.826	1.731	1.732
Peso Unitario Seco	kN/m³	18.857	18.872	17.898	17.908	16.974	16.985

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	205.00	0.00	0.00	453.00	0.00	0.00	281.00	0.00	0.00
		24:00:00	206.00	0.03	0.02	455.00	0.05	0.04	283.00	0.05	0.04
		48:00:00	207.00	0.05	0.04	456.00	0.08	0.06	285.00	0.10	0.08
		72:00:00	207.75	0.07	0.06	458.00	0.13	0.10	287.00	0.15	0.12
		96:00:00	209.00	0.10	0.08	460.00	0.18	0.14	290.00	0.23	0.18

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		Tiempo	Carga Estandar Kg-F/cm2 / Mpa	MOLDE No A-2				MOLDE No N-2				MOLDE No Q-2			
mm	Pulg.			LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00			
0.63	0.025	00:30		178.5	9.22	0.90	97.0	5.01	0.49	66.0	3.41	0.33			
1.27	0.050	01:00		404.5	20.90	2.05	233.5	12.07	1.18	173.0	8.94	0.88			
1.90	0.075	01:30		587.0	30.34	2.98	384.5	19.87	1.95	259.5	13.41	1.32			
2.54	0.100	02:00	70.31 / 6.9	733.0	37.88	3.72	52.17	511.0	26.41	2.59	39.13	339.5	17.55	1.72	26.09
3.17	0.125	02:30		893.0	46.15	4.53		603.0	31.16	3.06		393.5	20.34	1.99	
3.81	0.150	03:00		1071.0	55.35	5.43		755.5	39.04	3.83		496.5	25.66	2.52	
5.08	0.200	04:00	105.46 / 10.35	1421.0	73.44	7.20	69.57	983.0	50.80	4.98	50.24	658.5	34.03	3.34	32.85
6.35	0.250	05:00		1644.0	84.96	8.33		1151.0	59.48	5.83		758.0	39.17	3.84	
7.62	0.300	06:00		1898.5	98.11	9.62		1267.0	65.48	6.42		836.0	43.20	4.24	
8.89	0.350	07:00		2059.0	106.41	10.44		1377.5	71.19	6.98		924.0	47.75	4.68	
10.16	0.400	08:00		2181.0	112.71	11.05		1516.0	78.35	7.68		1014.0	52.40	5.14	
11.43	0.450	09:00		2256.0	116.59	11.43		1651.0	85.32	8.37		1100.0	56.85	5.58	
12.70	0.500	10:00		2383.0	123.15	12.08		1729.0	89.35	8.76		1160.0	59.95	5.88	

OBSERVACIONES : Las muestras fueron quemadas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.  
Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".  
Certificado N° MT-LF-026-2019/53288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003



**G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.**  
G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR



## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

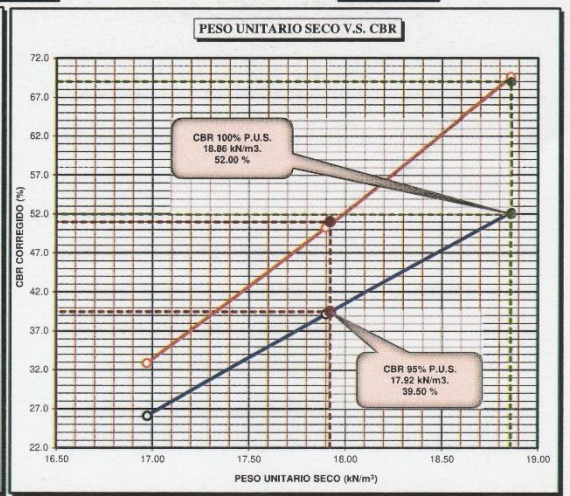
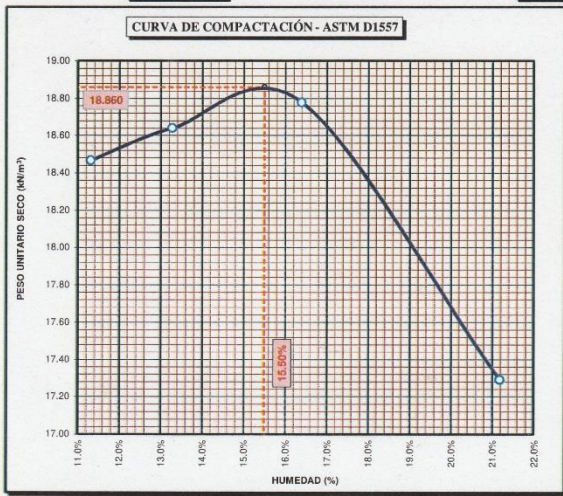
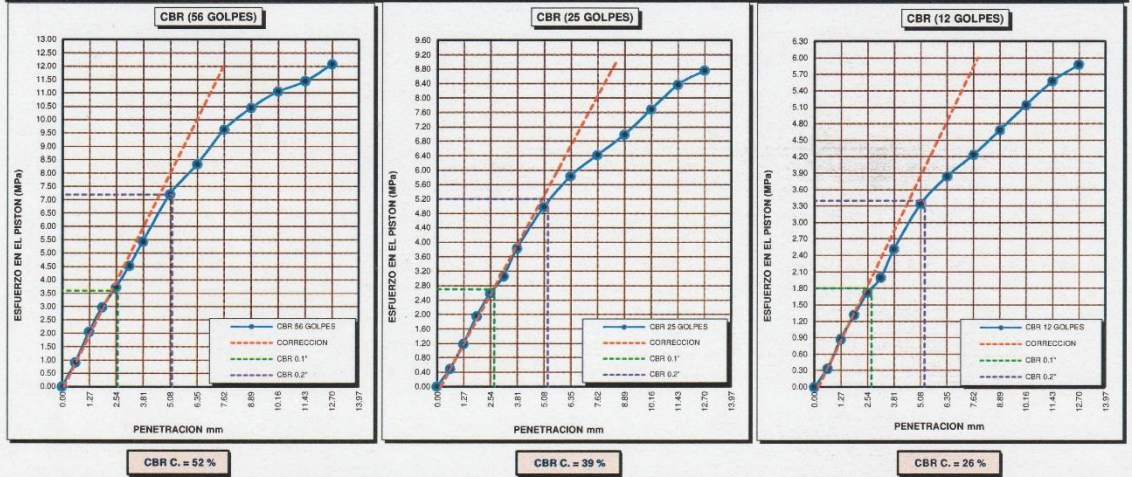
<b>PROYECTO</b>	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b> : T_UCV_AM-05/21-02-G&C
		<b>Fecha</b> : 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
<b>CANTERA</b>	: JAYU JAYU	<b>SOLICITANTE</b> : Clemer David MAQUERA FLORES, Yohe Wilson AQUINO CHURA
<b>EXPERIMENTO</b>	: " 01 "	
<b>MUESTRA</b>	: 5% CAL + 10% CENIZA	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 2 1/2 in.
<b>PROFUND.</b>	: SUPERF.	<b>CLASIF. SUELOS</b> : GC
		<b>COORDENADAS</b>
		<b>ESTE</b> :
		<b>NORTE</b> :
		<b>COTA</b> : m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: GC	<b>NORMA</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-2-6 (0)	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: Método "C"
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Grava arcillosa con arena	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
		<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 18.86 kN/m <sup>3</sup>
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b>	: 17.92 kN/m <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 15.50 %

<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>52.00 %</b>	<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>69.00 %</b>
<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>39.50 %</b>	<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>51.00 %</b>

### GRAFICOS



### OBSERVACIONES

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.  
Certificado N° MT-LF-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

Ing. MARY CARMEL YANA CONDORI  
TÉCNICO ENCARGADA DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4759355

ING. ALEX LUKE GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 309176

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>PROYECTO</b>	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, : MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b> : T_UCV_AM-05/21-03-G&C
		<b>Fecha</b> : 12 de Mayo del 2021

**DATOS GENERALES**

<b>UBICACIÓN</b> : PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	<b>SOLICITANTE</b> : Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>CANTERA</b> : JAYU JAYU	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 2 1/2 in.
<b>EXPERIMENTO</b> : " 02 "	<b>CLASIF. SUELOS</b> : GC
<b>MUESTRA</b> : 5% CAL + 13% CENIZA	
<b>PROFUND.</b> : SUPERF. 0	

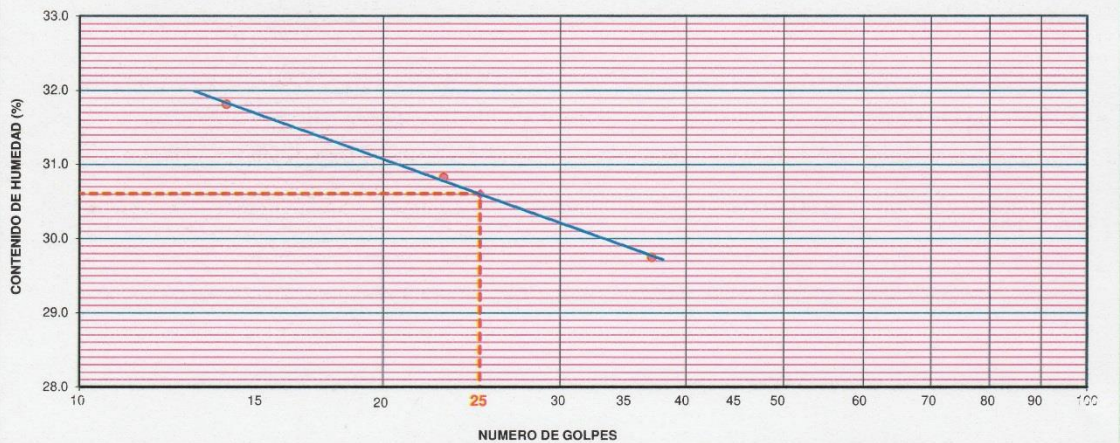
**LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)**

Nro. DE TARA	n°	LC - 11	LC - 12	LC - 13
PESO DE LA TARA	(g)	45.79	48.08	34.45
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	64.27	62.17	50.85
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	59.81	58.85	47.09
PESO DE AGUA	(g)	4.46	3.32	3.76
PESO DEL SUELO SECO	(g)	14.02	10.77	12.64
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>31.81</b>	<b>30.83</b>	<b>29.75</b>
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>37</b>

**LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)**

Nro. DE TARA		LC - 14	LC - 15
PESO DE LA TARA	(g)	45.56	46.74
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	49.21	49.69
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	48.54	49.14
PESO DE AGUA	(g)	0.67	0.55
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.98	2.40
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>22.48</b>	<b>22.92</b>

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ - LÍMITE LÍQUIDO**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LIMITE LIQUIDO	30.60
LIMITE PLASTICO	22.70
INDICE DE PLASTICIDAD	7.90

**OBSERVACIONES**

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

## RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12e1)

PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS : VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	Registro N°	: T_UCV_AM-05/21-03-G&C
		Fecha	: 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
CANTERA	: JAYU JAYU	SOLICITANTE	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
EXPERIMENTO	: " 02 "	TAMANO MÁXIMO	: 2 1/2 in.
MUESTRA	: 5% CAL + 13% CENIZA	CLASIF. SUELOS	: GC
PROFUND.	: SUPERF.	COORDENADAS	
		ESTE	: m.s.n.m.
		NORTE	: m.s.n.m.
		COTA	: m.s.n.m.

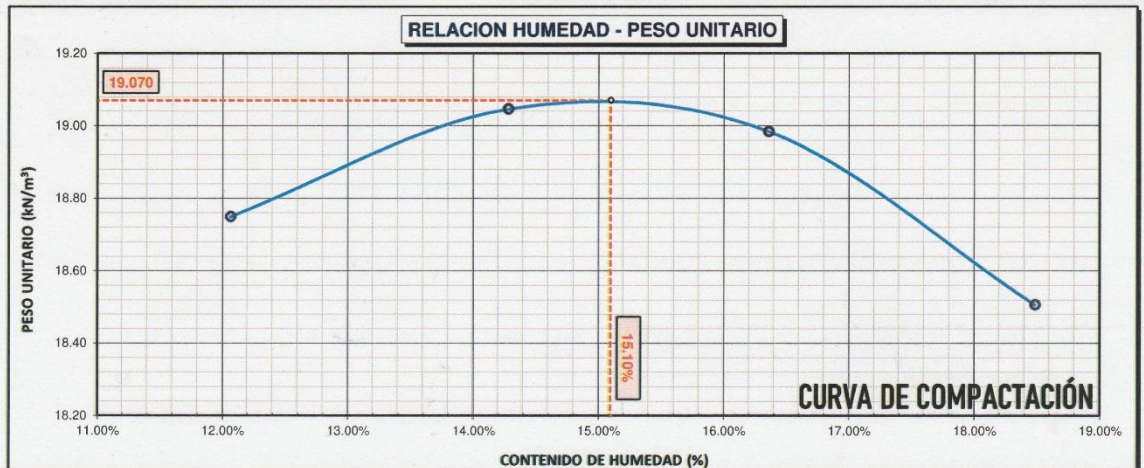
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: GC	% Ret. Tamiz 3/4"	: 27.36 %
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-2-4 (0)	% Ret. Tamiz 3/8"	: 41.91 %
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Grava arcillosa con arena	% Ret. Tamiz N°4:	: 51.24 %
		METODO DE ENSAYO	: Método "C"
		No DE CAPAS	: 05
		GOLPES POR CAPA	: 56

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	: X - 01	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm <sup>3</sup>
MASA DEL MOLDE	: 9,062 g.	TIPO DE MARTILLO	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	g.	13600	13763	13833	13798
Masa del Molde	g.	9062	9062	9062	9062
Masa del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	4538	4701	4771	4736
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.143	2.220	2.253	2.236

Capsula No	No	TP-09	TP-10	TP-11	TP-12
Masa de la Capsula	g.	57.73	60.46	57.38	57.88
Suelo Humedo + Capsula	g.	310.04	329.72	332.96	323.84
Masa del Suelo Seco + Capsula	g.	282.87	296.07	294.21	282.34
Masa del Agua	g.	27.17	33.65	38.75	41.50
Masa del Suelo Seco	g.	225.14	235.61	236.83	224.46
Humedad (%)	%	12.07%	14.28%	16.36%	18.49%
Promedio de Humedad (%)	%	12.07%	14.28%	16.36%	18.49%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	1.912	1.942	1.936	1.887
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	18.75	19.05	18.98	18.51

PROCTOR MODIFICADO	: ASTM D-1557-12e1	PESO UNITARIO SECO	1.945 gr/cc	19.070 kN/m <sup>3</sup>
MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo	HUMEDAD OPTIMA	15.10 %	15.10 %



OBSERVACIONES : Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo

Ing. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 47126399

Ing. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209376



# G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR



## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	Registro N°	T_UCV_AM-05/21-03-G&C
		Fecha	12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
CANTERA	JAYU JAYU	SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson
EXPERIMENTO	" 02 "		AQUINO CHURA
MUESTRA	5% CAL + 13% CENIZA	TAMANO MÁXIMO	2 1/2 In.
PROFUND.	SUPERF.	CLASIF. SUELOS	GC
		ESTE	
		NORTE	
		COTA	m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	GC	METODO DE ENSAYO	Método "C"
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-2-4 (0)	PESO UNITARIO SECO	: 19.07 kN/m <sup>3</sup>
DESCRIPCIÓN (SUCS)	Grava arcillosa con arena	HUMEDAD ÓPTIMA	: 15.10 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: 4 Días (96 Horas)
		TIPO DE MARTILLO	: Manual
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

MOLDE No	COD.	A-3	N-3	Q-3
NUMERO DE CAPAS	n°	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	12
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1

CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Masa Suelo Humedo + Molde	g.	12972	13079	12203	12330	11031	11216
Masa del Molde	g.	8227	8227	7661	7661	6765	6765
Masa del Suelo Humedo	g.	4745	4852	4542	4669	4266	4451
Volumen del Suelo	cm <sup>3</sup>	2118	2118	2134	2134	2119	2119
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.240	2.291	2.128	2.188	2.013	2.101

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Capsula No	No	PC - 13	PC - 14	PC - 15	PC - 16	PC - 17	PC - 18
Masa de la Capsula	g.	85.75	86.16	84.05	85.74	81.78	82.65
Suelo Humedo + Capsula	g.	458.40	520.23	542.14	536.02	482.40	512.85
Masa del Suelo Seco + Capsula	g.	409.46	459.39	482.11	466.11	429.84	441.09
Masa del Agua	g.	48.94	60.84	60.03	69.91	52.56	71.76
Masa del Suelo Seco	g.	323.71	373.23	398.06	380.37	348.06	358.44
% de Humedad	%	15.12%	16.30%	15.08%	18.38%	15.10%	20.02%
Promedio de Humedad	%	15.12%	16.30%	15.08%	18.38%	15.10%	20.02%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	1.946	1.970	1.849	1.848	1.749	1.750
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	19.085	19.317	18.137	18.125	17.153	17.163

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	311.00	0.00	0.00	224.00	0.00	0.00	470.00	0.00	0.00
		24:00:00	311.00	0.00	0.00	224.00	0.00	0.00	471.00	0.03	0.02
		48:00:00	311.00	0.00	0.00	225.00	0.03	0.02	471.00	0.03	0.02
		72:00:00	311.55	0.01	0.01	225.00	0.03	0.02	471.00	0.03	0.02
		96:00:00	312.00	0.03	0.02	225.00	0.03	0.02	472.00	0.05	0.04

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		Tiempo	Carga Estandar Kg-F/cm <sup>2</sup> / Mpa	MOLDE No A-3				MOLDE No N-3				MOLDE No Q-3			
mm	Pulg.			LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00			
0.63	0.025	00:30		239.5	12.38	1.21	133.5	6.90	0.68	102.0	5.27	0.52			
1.27	0.050	01:00		551.5	28.50	2.80	311.0	16.07	1.58	243.0	12.56	1.23			
1.90	0.075	01:30		793.5	41.01	4.02	517.0	26.72	2.62	361.0	18.66	1.83			
2.54	0.100	02:00	70.31 / 6.9	996.0	51.47	5.05	72.46	35.25	3.46	52.17	478.0	24.70	2.42		
3.17	0.125	02:30		1215.0	62.79	6.16	811.5	41.94	4.11	595.5	30.78	3.02			
3.81	0.150	03:00		1463.0	75.61	7.41	1001.0	51.73	5.07	698.0	36.07	3.54			
5.08	0.200	04:00	105.46 / 10.35	1925.0	99.48	9.76	96.62	68.58	6.73	67.63	920.5	47.57	4.67		
6.35	0.250	05:00		2220.5	114.75	11.25	1543.0	79.74	7.82	1061.5	54.86	5.38			
7.62	0.300	06:00		2436.0	125.89	12.35	1685.0	87.08	8.54	1194.0	61.71	6.05			
8.89	0.350	07:00		2735.0	141.34	13.86	1882.5	97.29	9.54	1333.5	68.91	6.76			
10.16	0.400	08:00		3010.0	155.56	15.26	2099.0	108.48	10.64	1447.5	74.81	7.34			
11.43	0.450	09:00		3211.0	165.94	16.27	2261.0	116.85	11.46	1601.0	82.74	8.11			
12.70	0.500	10:00		3466.0	179.12	17.57	2416.0	124.86	12.24	1729.0	89.35	8.76			

OBSERVACIONES : Las muestras fueron puestas por el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo. Prensas de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S". Certificado N° MT-LF-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

Bach. LIZBET CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 47136388

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CPI: 209376





**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

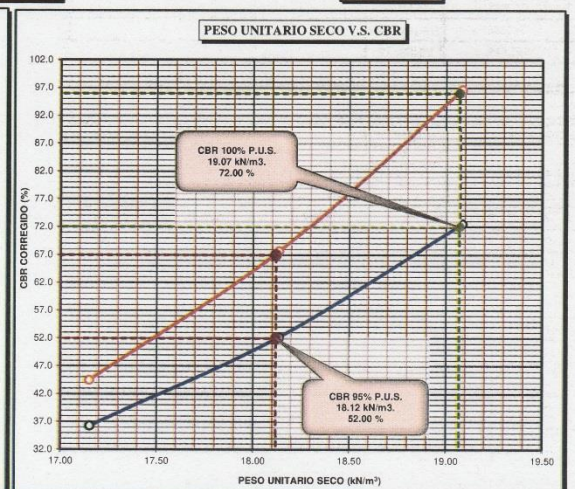
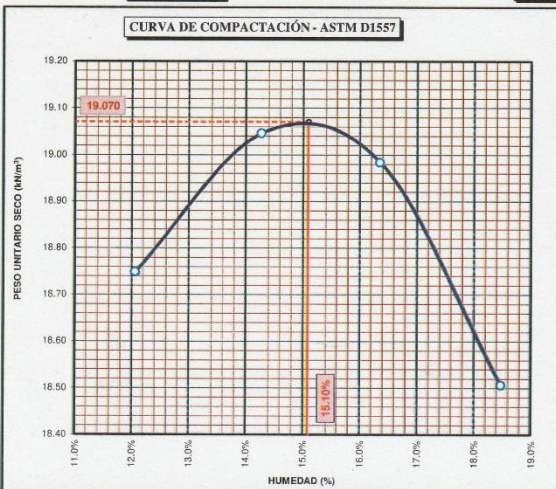
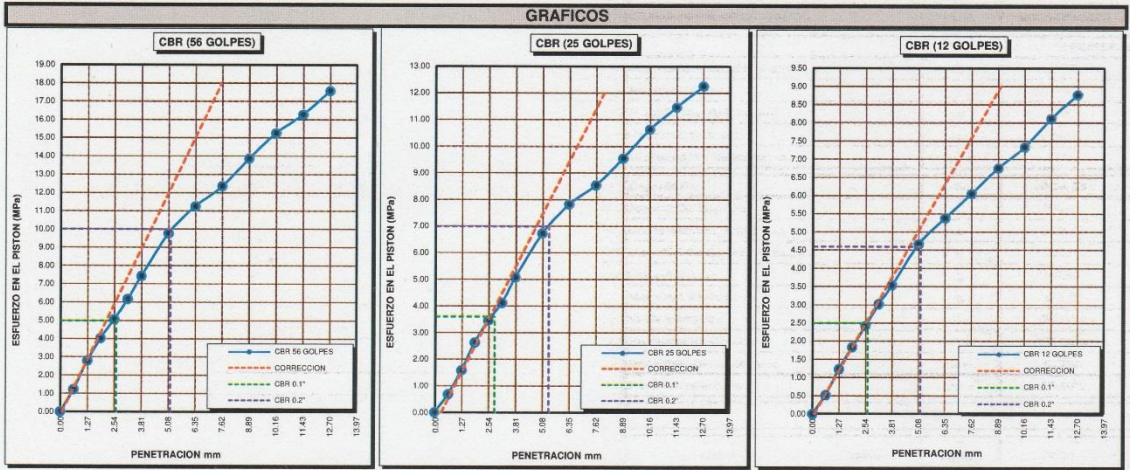
STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 16)

<b>PROYECTO</b>	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b> : T_UCV_AM-05/21-03-G&C
		<b>Fecha</b> : 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
<b>CANTERA</b>	: JAYU JAYU	<b>SOLICITANTE</b> : Clemer David MAQUERA FLORES, Yohe Wilson AQUINO CHURA
<b>EXPERIMENTO</b>	: " 02 "	
<b>MUESTRA</b>	: 5% CAL + 13% CENIZA	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 2 1/2 in.
<b>PROFUND.</b>	: SUPERF. m	<b>CLASIF. SUELOS</b> : GC
		<b>COORDENADAS</b>
		<b>ESTE</b> :
		<b>NORTE</b> :
		<b>COTA</b> : m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: GC	<b>NORMA</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-2-4 (0)	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: Método "C"
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Grava arcillosa con arena	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
		<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 19.07 kN/m <sup>3</sup>
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b>	: 18.12 kN/m <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 15.10 %

<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>72.00 %</b>	<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>96.00 %</b>
<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>52.00 %</b>	<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>67.00 %</b>



**OBSERVACIONES**

: Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.  
Certificado N° MT-LF-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

Bach. LIZBETH MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47138280

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
SITE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209376

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

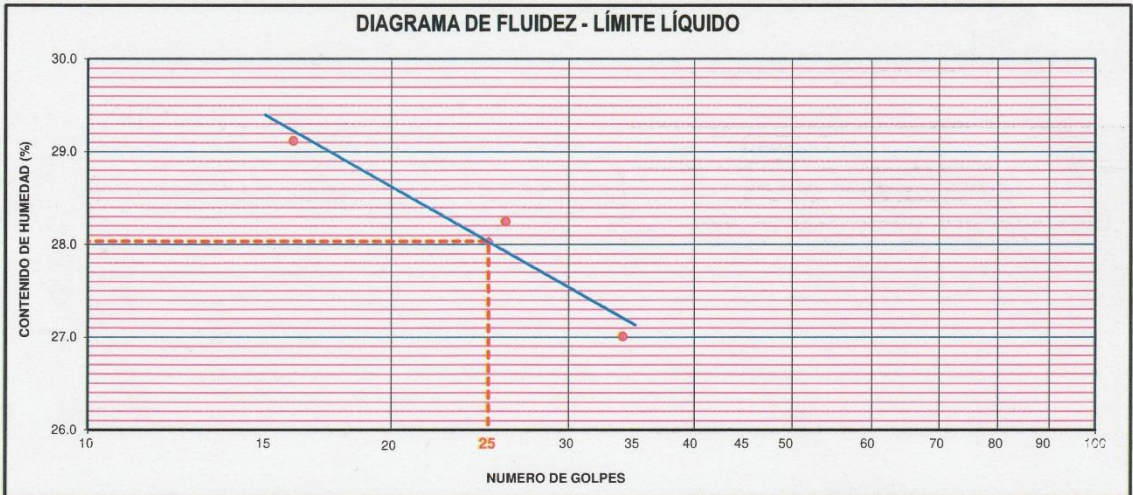
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>PROYECTO</b>	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b> : T_UCV_AM-05/21-04-G&C
		<b>Fecha</b> : 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES	
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO
<b>CANTERA</b>	: JAYU JAYU
<b>EXPERIMENTO</b>	: " 03 "
<b>MUESTRA</b>	: 5% CAL + 16% CENIZA
<b>PROFUND.</b>	: SUPERF.
<b>SOLICITANTE</b>	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 2 1/2 in.
<b>CLASIF. SUELOS</b>	: GM

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 16	LC - 17	LC - 18	
PESO DE LA TARA	(g)	46.18	46.11	45.5	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	62.81	63.41	61.96	
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	59.06	59.60	58.46	
PESO DE AGUA	(g)	3.75	3.81	3.5	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	12.88	13.49	12.96	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>29.11</b>	<b>28.24</b>	<b>27.01</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>34</b>	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 19	LC - 20		
PESO DE LA TARA	(g)	45.66	45.47		
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	48.77	48.91		
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	48.19	48.27		
PESO DE AGUA	(g)	0.58	0.64		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.53	2.80		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>22.92</b>	<b>22.86</b>		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	28.03
LIMITE PLASTICO	22.89
INDICE DE PLASTICIDAD	5.14

OBSERVACIONES
Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.



## RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12e1)

PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS : VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	Registro N°	: T_UCV_AM-05/21-04-G&C
		Fecha	: 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
CANTERA	: JAYU JAYU	SOLICITANTE	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
EXPERIMENTO	: " 03 "		
MUESTRA	: 5% CAL + 16% CENIZA	TAMANO MÁXIMO	: 2 1/2 in.
PROFUND.	: SUPERF.	CLASIF. SUELOS	: GM
		COORDENADAS	
		ESTE	:
		NORTE	:
		COTA	: m.s.n.m.

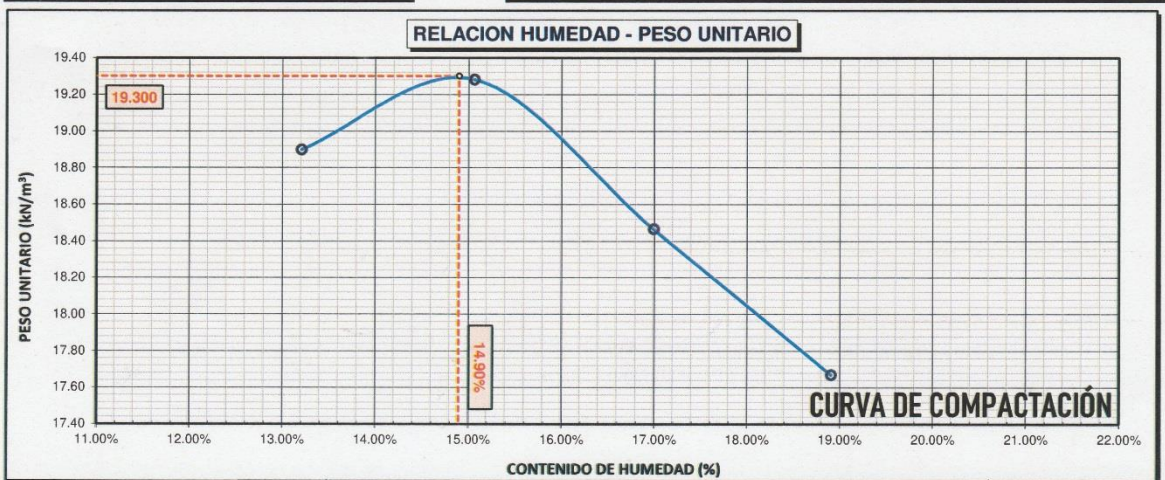
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: GM	% Ret. Tamiz 3/4"	: 27.36 %
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-1-b (0)	% Ret. Tamiz 3/8"	: 41.91 %
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Grava limosa con arena	% Ret. Tamiz N°4	: 51.24 %
		METODO DE ENSAYO	: Método "C"
		No DE CAPAS	: 05
		GOLPES POR CAPA	: 56

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	: X - 01	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm <sup>3</sup>
MASA DEL MOLDE	: 9,062 g.	TIPO DE MARTILLO	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	g.	13683	13854	13728	13600
Masa del Molde	g.	9062	9062	9062	9062
Masa del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	4621	4792	4666	4538
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.182	2.262	2.203	2.143

Capsula No	No	TP-13	TP-14	TP-15	TP-16
Masa de la Capsula	g.	61.15	60.30	58.22	57.79
Suelo Humedo + Capsula	g.	429.80	361.40	341.56	448.37
Masa del Suelo Seco + Capsula	g.	386.78	321.97	300.39	386.26
Masa del Agua	g.	43.02	39.43	41.17	62.11
Masa del Suelo Seco	g.	325.63	261.67	242.17	328.47
Humedad (%)	%	13.21%	15.07%	17.00%	18.91%
Promedio de Humedad (%)	%	13.21%	15.07%	17.00%	18.91%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	1.927	1.966	1.883	1.802
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	18.90	19.28	18.46	17.67

PROCTOR MODIFICADO	: ASTM D-1557-12e1	PESO UNITARIO SECO	: 1.968 gr/cc	19.300 kN/m <sup>3</sup>
MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo	HUMEDAD OPTIMA	: 14.90 %	14.90 %



OBSERVACIONES : Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

Bs.A. L.D. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI - 47136758

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP-209478



# G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G & C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	Registro N°	T_UCV_AM-05/21-04-G&C
		Fecha	12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
CANTERA	JAYU JAYU	SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson
EXPERIMENTO	" 03 "		AQUINO CHURA
MUESTRA	5% CAL + 16% CENIZA	TAMANO MÁXIMO	2 1/2 In.
PROFUND.	SUPERF.	CLASIF. SUELOS	GM
		COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO			
CLASIFICACIÓN (SUCS)	GM	METODO DE ENSAYO	Método "C"	TIEMPO DE INMERSIÓN	4 Días (96 Horas)
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-1-b (0)	PESO UNITARIO SECO	19.30 kN/m <sup>3</sup>	TIPO DE MARTILLO	Manual
DESCRIPCIÓN (SUCS)	Grava limosa con arena	HUMEDAD ÓPTIMA	14.90 %	MET. DE PREPARACIÓN	Húmedo

MOLDE No	COD.	A-4	N-4	Q-4	
NUMERO DE CAPAS	n°	5	5	5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	12	
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1	
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	g.	13055	13135	12133	12259	11522	11695
Masa del Molde	g.	8273	8273	7597	7597	7201	7201
Masa del Suelo Humedo	g.	4782	4862	4536	4662	4321	4494
Volumen del Suelo	cm <sup>3</sup>	2113	2113	2110	2110	2120	2120
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.263	2.301	2.150	2.209	2.038	2.120
Capsula No	No	PC - 19	PC - 20	PC - 21	PC - 22	PC - 23	PC - 24
Masa de la Capsula	g.	84.70	85.59	83.03	85.03	83.85	83.67
Suelo Humedo + Capsula	g.	510.53	528.78	455.70	601.77	528.21	564.19
Masa del Suelo Seco + Capsula	g.	455.15	467.39	407.32	523.73	470.32	484.50
Masa del Agua	g.	55.38	61.39	48.38	78.04	57.89	79.69
Masa del Suelo Seco	g.	370.45	381.80	324.29	438.70	386.47	400.83
% de Humedad	%	14.95%	16.08%	14.92%	17.79%	14.98%	19.88%
Promedio de Humedad	%	14.95%	16.08%	14.92%	17.79%	14.98%	19.88%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	1.969	1.982	1.871	1.876	1.773	1.768
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	19.307	19.439	18.345	18.395	17.384	17.341

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	544.00	0.00	0.00	518.00	0.00	0.00	371.00	0.00	0.00
		24:00:00	544.00	0.00	0.00	518.00	0.00	0.00	371.00	0.00	0.00
		48:00:00	544.00	0.00	0.00	519.00	0.03	0.02	372.00	0.03	0.02
		72:00:00	544.50	0.01	0.01	519.00	0.03	0.02	372.00	0.03	0.02
		96:00:00	545.00	0.03	0.02	519.00	0.03	0.02	373.00	0.05	0.04

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm <sup>2</sup> / Mpa	MOLDE No A-4				MOLDE No N-4				MOLDE No Q-4			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30	297.5	15.37	1.51		161.0	8.32	0.82		74.0	3.82	0.38		
1.27	0.050	01:00	676.0	34.94	3.43		380.0	19.64	1.93		297.0	15.35	1.51		
1.90	0.075	01:30	977.0	50.49	4.95		625.0	32.30	3.17		442.5	22.87	2.24		
2.54	0.100	02:00	1224.0	63.26	6.20	86.96	831.0	42.95	4.21	65.22	582.0	30.08	2.95	46.38	
3.17	0.125	02:30	1494.0	77.21	7.57		1027.5	53.10	5.21		697.5	36.05	3.54		
3.81	0.150	03:00	1810.5	93.57	9.18		1229.0	63.51	6.23		854.0	44.13	4.33		
5.08	0.200	04:00	2365.5	122.25	11.99	115.94	1608.0	83.10	8.15	82.13	1106.0	57.16	5.61	57.97	
6.35	0.250	05:00	2729.0	141.03	13.83		1883.5	97.34	9.55		1287.5	66.54	6.53		
7.62	0.300	06:00	2978.0	153.90	15.09		2152.0	111.21	10.91		1447.0	74.78	7.33		
8.89	0.350	07:00	3353.0	173.28	16.99		2354.5	121.68	11.93		1574.0	81.34	7.98		
10.16	0.400	08:00	3592.5	185.66	18.21		2508.5	129.64	12.71		1663.5	85.97	8.43		
11.43	0.450	09:00	3712.0	191.83	18.81		2654.0	137.16	13.45		1744.0	90.13	8.84		
12.70	0.500	10:00	3896.0	201.34	19.75		2755.0	142.38	13.96		1823.0	94.21	9.24		

OBSERVACIONES : Las muestras fueron puestas por el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.  
 Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".  
 Certificado N° MT-LF-120-2015/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

Bach. L.D. MARY CARMEN YANA CONDORRY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 4719790

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209276



**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

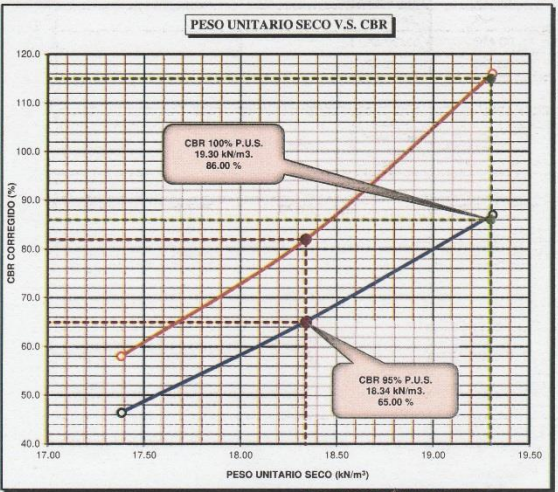
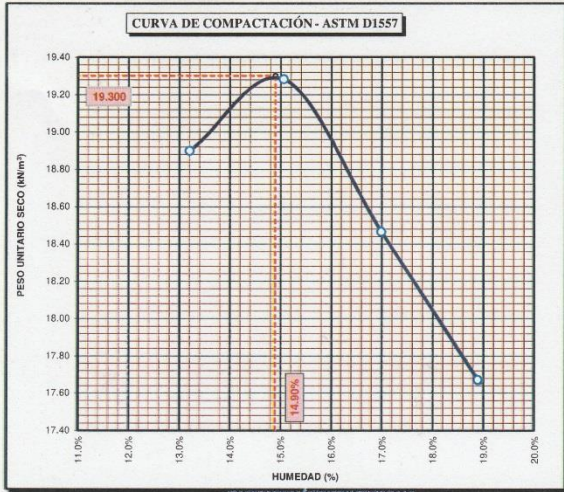
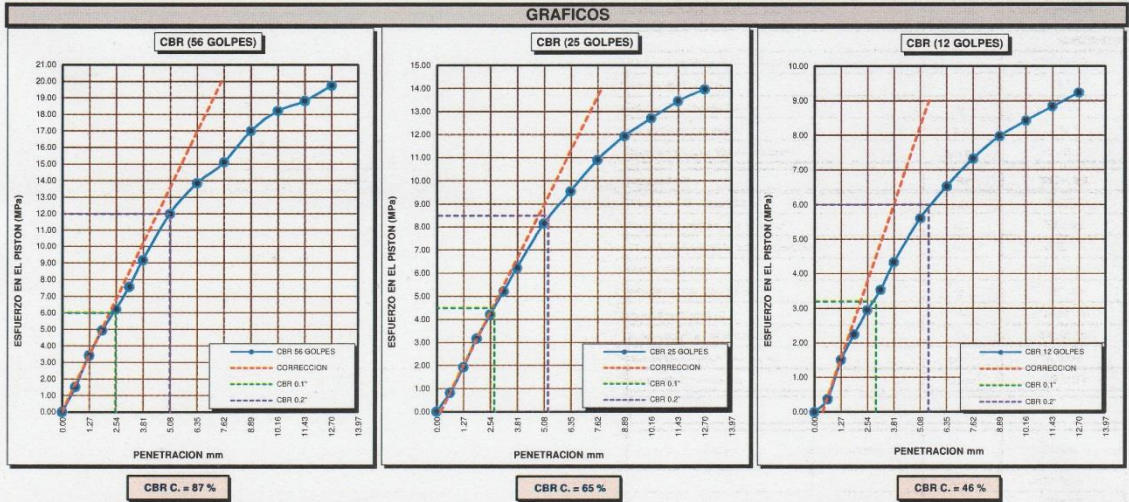
STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

<b>PROYECTO</b>	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b> : T_UCV_AM-05/21-04-G&C
		<b>Fecha</b> : 12 de Mayo del 2021

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
<b>CANTERA</b>	: JAYU JAYU	<b>SOLICITANTE</b> : Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>EXPERIMENTO</b>	: " 03 "	
<b>MUESTRA</b>	: 5% CAL + 16% CENIZA	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 2 1/2 in.
<b>PROFUND.</b>	: SUPERF.	<b>CLASIF. SUELOS</b> : GM
		<b>COORDENADAS</b>
		<b>ESTE</b> :
		<b>NORTE</b> :
		<b>COTA</b> : m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: GM	<b>NORMA</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-1-b (0)	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: Método "C"
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Grava limosa con arena	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
		<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 19.30 kN/m <sup>3</sup>
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b>	: 18.34 kN/m <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 14.90 %

<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>86.00 %</b>	<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>115.00 %</b>
<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>65.00 %</b>	<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>82.00 %</b>



**OBSERVACIONES**

: Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.  
Certificado N° MT-LI-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

Brañ. LIC. MARY CARMEN YANA CONDOY  
TÉCNICO ESPECIALISTA EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 47191339

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209976

**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA <b>INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.</b>
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO <b>TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.</b>
UBICACIÓN	JAYU JAYU <b>FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021</b>

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO				
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML	CALICATA N° : 01
		ESPECIMEN: A		MUESTRA N° : 02
		TIPO: Remoldeado		PROFUNDIDAD : 0.00-0.50
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5	
MADURACIÓN	: 24 h 0% CAL - 0% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.059	

Deformimetro ΔH	Def. Unit. Strain	1 - Def. Unit.	Area corregida	Carga	Esfuerzo Desviador stress: $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma$			Def. Falla	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
(0.01mm.)	$\epsilon [\Delta H/H_0]$	1- $\epsilon$	Ac (cm <sup>2</sup> )	P (kg)	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (KPa)	$\epsilon$ %		
0	0.00000	1.00000	78.54	0.00	0.00	0.00	0.00		
10	0.00050	0.99950	78.58	4.90	0.06	6.12	0.05	Diámetro Promedio, Do (cm) : 10.00	
20	0.00100	0.99900	78.62	7.00	0.09	8.73	0.10	Altura Promedio, Ho (cm) : 20.10	
30	0.00149	0.99851	78.66	12.30	0.16	15.34	0.15	Relacion Altura/diámetro : 2.01	
40	0.00199	0.99801	78.70	16.30	0.21	20.31	0.20	Peso de la Muestra humeda : 3330.29	
50	0.00249	0.99751	78.74	21.50	0.27	26.78	0.25	Área Sección Transv. Ao (cm <sup>2</sup> ) : 78.54	
75	0.00373	0.99627	78.83	35.00	0.44	43.54	0.37	Volumen, Vo (cm <sup>3</sup> ) : 1578.65	
100	0.00498	0.99502	78.93	51.40	0.65	63.86	0.50	Altura Final, Hf (cm) : 19.65	
150	0.00746	0.99254	79.13	85.80	1.08	106.33	0.75	<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA</b>	
200	0.00995	0.99005	79.33	123.40	1.56	152.55	1.00	Peso Suelo Húmedo + Tara : 464.34	
250	0.01244	0.98756	79.53	152.20	1.91	187.68	1.24	Peso Suelo Seco + Tara : 425.19	
300	0.01493	0.98507	79.73	150.00	1.88	184.50	1.49	Peso de Tara : 84.75	
350	0.01741	0.98259	79.93	123.20	1.54	151.15	1.74	Peso del Suelo Seco : 340.44	
400	0.01990	0.98010	80.13	94.00	1.17	115.03	1.99	Peso del Agua : 39.15	
450	0.02239	0.97761	80.34	74.20	0.92	90.57	2.24	% de Humedad : 11.50	
								<b>PESOS UNITARIOS</b>	
								Peso Unit. Húmedo, $\gamma$ [ton/m <sup>3</sup> ] : 2.11	
								Peso Unit. Seco $\gamma_d$ [ton/m <sup>3</sup> ] : 1.892	
								<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA</b>	
								Qu: 1.91 Kg/cm <sup>2</sup> = 187.68 KPa	
								<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>	
								Cu: Su: 0.955 Kg/cm <sup>2</sup> = 93.84 KPa	
								ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA $\phi_u = 0^\circ$	
								<b>DEFORMACION PROMEDIO A LA FALLA</b>	
								$\epsilon$ % : 1.24%	
								<b>Módulo de Young's E=</b>	
								15,628.19 Kpa	

Calificación de la Consistencia del Suelo : *Consistente o Fina*



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA.  
LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

*[Signature]*  
Bach. EDIMARY CARMEN YANA CONDOBY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
ENL-0230306

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

*[Signature]*  
ING. ALEX LUJÁN GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA <b>INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.</b>
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO <b>TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.</b>
UBICACIÓN	JAYU JAYU <b>FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021</b>

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: B	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5
MADURACIÓN	: 24 h 0% CAL - 0% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.659

Deformimetro ΔH (0.01mm.)	Def. Unit. Strain ε [ΔH/Ho]	1 - Def. Unit. 1-ε	Area corregida Ac (cm <sup>2</sup> )	Carga P (kg)	Esfuerzo Desviador stress: σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> = σ (Kg/cm <sup>2</sup> ) (KPa)		Def. Falla ε %	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
0	0.00000	1.00000	79.42	0.00	0.00	0.00	0.00	Diámetro Promedio, Do (cm) : 10.06
10	0.00048	0.99952	79.46	7.80	0.10	9.63	0.05	Altura Promedio, Ho (cm) : 21.02
20	0.00095	0.99905	79.50	14.40	0.18	17.76	0.10	Relacion Altura/diámetro: 2.09
30	0.00143	0.99857	79.54	20.30	0.26	25.03	0.14	Peso de la Muestra humeda: 3519.15
40	0.00190	0.99810	79.57	25.10	0.32	30.93	0.19	Área Sección Transv. Ao (cm <sup>2</sup> ): 79.42
50	0.00238	0.99762	79.61	31.80	0.40	39.17	0.24	Volumen, Vo (cm <sup>3</sup> ): 1669.21
75	0.00357	0.99643	79.71	46.70	0.59	57.46	0.36	Altura Final, Hf (cm) : 20.57
100	0.00476	0.99524	79.80	61.40	0.77	75.45	0.48	<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA</b>
150	0.00714	0.99286	79.99	92.40	1.16	113.28	0.71	Peso Suelo Húmedo + Tara : 461.83
200	0.00952	0.99048	80.18	125.80	1.57	153.85	0.95	Peso Suelo Seco + Tara : 422.52
250	0.01190	0.98810	80.38	147.40	1.83	179.84	1.19	Peso de Tara : 83.54
300	0.01427	0.98573	80.57	143.50	1.78	174.66	1.43	Peso del Suelo Seco : 338.98
350	0.01665	0.98335	80.77	106.30	1.32	129.07	1.67	Peso del Agua : 39.31
400	0.01903	0.98097	80.96	71.20	0.88	86.24	1.90	% de Humedad : 11.60
450	0.02141	0.97859	81.16	50.80	0.63	61.38	2.14	<b>PESOS UNITARIOS</b>
								Peso Unit. Húmedo, y [ton/m <sup>3</sup> ] : 2.11
								Peso Unit. Seco yd [ton/m <sup>3</sup> ] : 1.889
								<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA</b>
								Qu:1.83 Kg/cm <sup>2</sup> = 179.84 KPa
								<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>
								Cu:Su:0.915 Kg/cm <sup>2</sup> = 89.92 KPa
								<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA</b>
								φu = 0°
								<b>DEFORMACION PROMEDIO A LA FALLA</b>
								ε % : 1.19%
								<b>Módulo de Young's E=</b>
								15,348.62 Kpa

Calificación de la Consistencia del Suelo : Consistente o Fina



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA.  
LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
BASIL LICHARDY CARMEN YANA CORDOY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4478378

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CPI: 209176

**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM UZ166 / UZ166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA <b>INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.</b>
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO <b>TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.</b>
UBICACIÓN	JAYU JAYU <b>FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021</b>

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: C	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5
MADURACIÓN	: 24 h 0% CAL - 0% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.059

Deformimetro ΔH	Def. Unit. Strain	1 - Def. Unit.	Area corregida	Carga	Esfuerzo Desviador stress: $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma$			Def. Falla	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
(0.01mm.)	$\epsilon [\Delta H/H_0]$	1- $\epsilon$	Ac (cm <sup>2</sup> )	P (kg)	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (KPa)	$\epsilon$ %		
0	0.00000	1.00000	79.88	0.00	0.00	0.00	0.00	Diámetro Promedio, Do (cm) : 10.09	
10	0.00049	0.99951	79.92	4.50	0.06	5.52	0.05	Altura Promedio, Ho (cm) : 20.57	
20	0.00097	0.99903	79.96	9.50	0.12	11.65	0.10	Relación Altura/diámetro : 2.04	
30	0.00146	0.99854	80.00	11.90	0.15	14.59	0.15	Peso de la Muestra húmeda : 3463.61	
40	0.00194	0.99806	80.04	15.30	0.19	18.75	0.19	Área Sección Transv. Ao (cm <sup>2</sup> ) : 79.88	
50	0.00243	0.99757	80.08	18.60	0.23	22.78	0.24	Volumen, Vo (cm <sup>3</sup> ) : 1643.42	
75	0.00365	0.99635	80.17	28.90	0.36	35.35	0.36	Altura Final, Hf (cm) : 20.12	
100	0.00486	0.99514	80.27	40.90	0.51	49.97	0.49	<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA</b>	
150	0.00729	0.99271	80.47	71.50	0.89	87.14	0.73	Peso Suelo Húmedo + Tara : 346.47	
200	0.00972	0.99028	80.66	102.80	1.27	124.98	0.97	Peso Suelo Seco + Tara : 318.97	
250	0.01215	0.98785	80.86	131.40	1.62	159.35	1.22	Peso de Tara : 81.81	
300	0.01458	0.98542	81.06	147.30	1.82	178.20	1.46	Peso del Suelo Seco : 237.16	
350	0.01701	0.98299	81.26	145.90	1.80	176.07	1.70	Peso del Agua : 27.50	
400	0.01944	0.98056	81.46	138.30	1.70	166.48	1.94	% de Humedad : 11.60	
450	0.02187	0.97813	81.67	98.30	1.20	118.04	2.19	<b>PESOS UNITARIOS</b>	
								Peso Unit. Húmedo, $\gamma$ [ton/m <sup>3</sup> ] : 2.11	
								Peso Unit. Seco $\gamma_d$ [ton/m <sup>3</sup> ] : 1.889	
								<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA</b>	
								Qu: 1.82 Kg/cm <sup>2</sup> = 178.2 KPa	
								<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>	
								Cu: Su: 0.91 Kg/cm <sup>2</sup> = 89.1 KPa	
								<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA</b>	
								$\phi_u = 0^\circ$	
								<b>DEFORMACION PROMEDIO A LA FALLA</b>	
								$\epsilon$ % : 1.46%	
								<b>Módulo de Young's E=</b>	
								11,783.14 Kpa	

Calificación de la Consistencia del Suelo : Consistente o Fina



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA.  
LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
Bach. LICENCIADA CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
ENRIQUETA BARRERA

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
ING. ALEX LUNA GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176



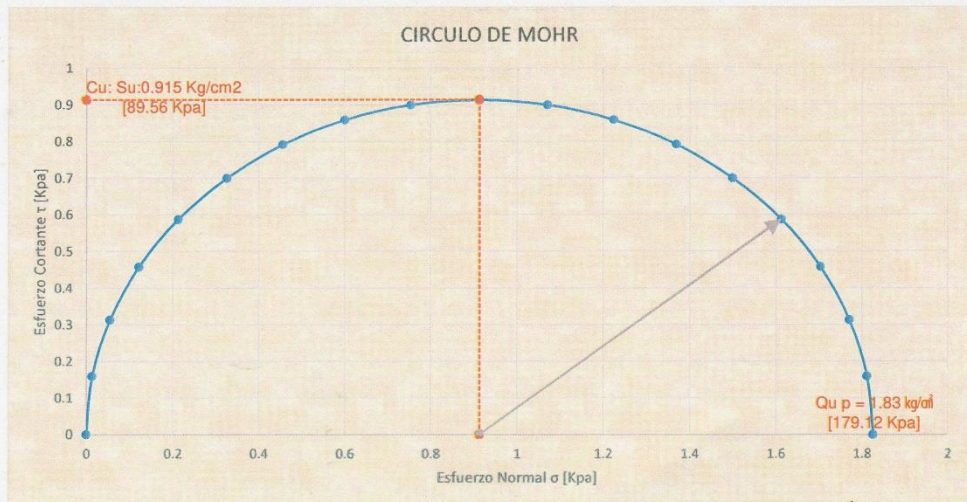
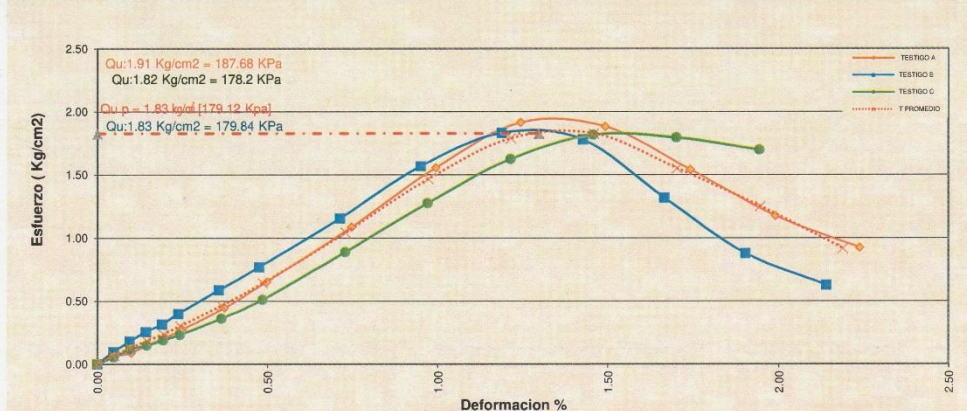
**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES			
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"		
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA	INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.	
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO	TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.	
UBICACIÓN	JAYU JAYU	FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021	

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: A,B,C	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5
MADURACIÓN	: 24 h 0% CAL - 0% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.059

RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA PROMEDIO	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA PROMEDIO	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA NO DRENADO	Módulo de Young's E
Qu p = 1.83 kg/cm <sup>2</sup> [179.12 Kpa]	Cu: Su:0.915 Kg/cm <sup>2</sup> [89.56 Kpa]	φu = [0°]	Es= [14219.98 Kpa]



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Firma]*  
Bach. LIZMARTY CARMEN VANA CONDOREY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4716103

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Firma]*  
ING. ALEX LUKE GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

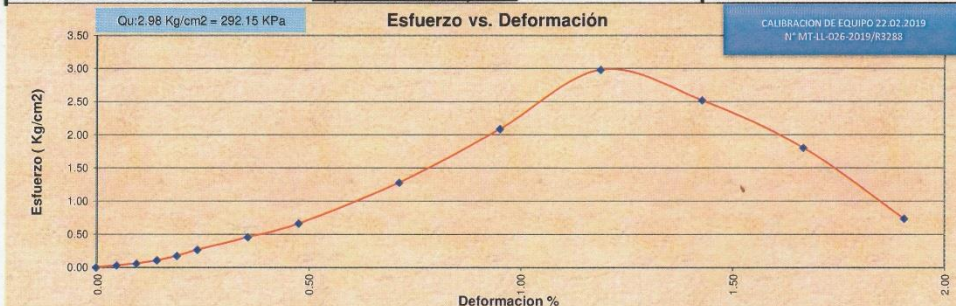
ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
 ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA <b>INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.</b>
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO <b>TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.</b>
UBICACIÓN	JAYU JAYU <b>FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021</b>

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: A	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5
MADURACIÓN	:24 h 5% CAL - 10% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.059

Deformimetro ΔH (0.01mm.)	Def. Unit. Strain ε [ΔH/H <sub>0</sub> ]	1 - Def. Unit. 1-ε	Area corregida Ac (cm <sup>2</sup> )	Carga P (kg)	Esfuerzo stress: σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> = σ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Falla ε %	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
0	0.00000	1.00000	78.54	0.00	0.00	0.00	Diámetro Promedio, D <sub>o</sub> (cm) : 10.00
10	0.00048	0.99952	78.58	2.47	0.03	3.08	Altura Promedio, H <sub>o</sub> (cm) : 21.00
20	0.00095	0.99905	78.61	4.58	0.06	5.71	Relación Altura/diámetro : 2.10
30	0.00143	0.99857	78.65	8.30	0.11	10.35	Peso de la Muestra húmeda : 3665.18
40	0.00190	0.99810	78.69	13.60	0.17	16.95	Área Sección Transv. A <sub>o</sub> (cm <sup>2</sup> ) : 78.54
50	0.00238	0.99762	78.73	20.90	0.27	26.03	Volumen, V <sub>o</sub> (cm <sup>3</sup> ) : 1649.34
75	0.00357	0.99643	78.82	35.80	0.45	44.54	Altura Final, H <sub>f</sub> (cm) : 20.60
100	0.00476	0.99524	78.92	52.40	0.66	65.12	<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA</b>
150	0.00714	0.99286	79.10	101.20	1.28	125.46	Peso Suelo Húmedo + Tara : 382.48
200	0.00952	0.99048	79.30	165.40	2.09	204.56	Peso Suelo Seco + Tara : 342.25
250	0.01190	0.98810	79.49	236.80	2.98	292.15	Peso de Tara : 82.69
300	0.01429	0.98571	79.68	200.60	2.52	246.90	Peso del Suelo Seco : 259.56
350	0.01667	0.98333	79.87	144.05	1.80	176.87	Peso del Agua : 40.23
400	0.01905	0.98095	80.06	58.92	0.74	72.17	% de Humedad : 15.50
							<b>PESOS UNITARIOS</b>
							Peso Unit. Húmedo, γ [ton/m <sup>3</sup> ] : 2.22
							Peso Unit. Seco γ <sub>d</sub> [ton/m <sup>3</sup> ] : 1.924
							<b>RESISTENCIA COMPRESION NO CONFINADA</b>
							Q <sub>u</sub> : 2.98 Kg/cm <sup>2</sup> = 292.15 KPa
							<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>
							C <sub>u</sub> : Su: 1.49 Kg/cm <sup>2</sup> = 146.08 KPa
							ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA φ <sub>u</sub> = 0°
							<b>DEFORMACION PROMEDIO A LA FALLA</b>
							ε % : 1.19%
							<b>Módulo de Young's E=</b>
							24,057.64 Kpa

Calificación de la Consistencia del Suelo : *Muy Consistente o Muy Firme*



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA.  
 LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 Bta. CARMEN YANA CONDOPI  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CUI: 458382

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CUI: 209176

**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA <b>INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.</b>
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO <b>TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.</b>
UBICACIÓN	JAYU JAYU <b>FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021</b>

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: B	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min): 1.5
MADURACIÓN	:24 h 5% CAL - 10% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min): 0.059

Deformimetro ΔH	Def. Unit. Strain	1 - Def. Unit.	Area corregida	Carga	Esfuerzo Desviador stress: $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma$		Def. Falla	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
(0.01mm.)	$\epsilon [\Delta H/H_0]$	1- $\epsilon$	Ac (cm <sup>2</sup> )	P (kg)	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (KPa)	$\epsilon$ %	
0	0.00000	1.00000	79.36	0.00	0.00	0.00	0.00	Dímetro Promedio, Do (cm) : 10.05
10	0.00048	0.99952	79.40	8.50	0.11	10.50	0.05	Altura Promedio, Ho (cm) : 20.91
20	0.00096	0.99904	79.43	15.07	0.19	18.60	0.10	Relación Altura/dímetro: 2.08
30	0.00143	0.99857	79.47	23.04	0.29	28.43	0.14	Peso de la Muestra húmeda: 1426.52
40	0.00191	0.99809	79.51	34.50	0.43	42.55	0.19	Área Sección Transv. Ao (cm <sup>2</sup> ): 79.36
50	0.00239	0.99761	79.55	46.01	0.58	56.72	0.24	Volumen, Vo (cm <sup>3</sup> ): 1659.25
75	0.00359	0.99641	79.64	93.01	1.17	114.52	0.36	Altura Final, Hf (cm) : 20.46
100	0.00478	0.99522	79.74	144.02	1.81	177.12	0.48	<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA</b>
150	0.00717	0.99283	79.93	212.09	2.65	260.21	0.72	Peso Suelo Húmedo + Tara : 361.69
200	0.00957	0.99043	80.13	262.40	3.27	321.16	0.96	Peso Suelo Seco + Tara : 323.67
250	0.01196	0.98804	80.32	292.40	3.64	357.01	1.20	Peso de Tara : 83.52
300	0.01435	0.98565	80.51	309.90	3.85	377.46	1.43	Peso del Suelo Seco : 240.15
350	0.01674	0.98326	80.71	215.50	2.67	261.84	1.67	Peso del Agua : 38.02
400	0.01913	0.98087	80.91	138.40	1.71	167.75	1.91	% de Humedad : 15.83
450	0.02152	0.97848	81.10	101.20	1.25	122.37	2.15	<b>PESOS UNITARIOS</b>
								Peso Unit. Húmedo, y [ton/m <sup>3</sup> ] : 0.86
								Peso Unit. Seco yd [ton/m <sup>3</sup> ] : 0.742
								<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA</b>
								Qu:3.85 Kg/cm <sup>2</sup> = 377.46 KPa
								<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>
								Cu: Su:1.925 Kg/cm <sup>2</sup> = 188.73 KPa
								<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA</b>
								$\phi_u = 0^\circ$
								<b>DEFORMACION PROMEDIO A LA FALLA</b>
								$\epsilon$ % : 1.43%
								<b>Módulo de Young's E=</b>
								33,061.24 Kpa

Calificación de la Consistencia del Suelo : **Muy Consistente o Muy Firme**



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA.  
LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4755920

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CPI: 3859376

**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohe Wilson AQUINO CHURA <b>INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.</b>
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO <b>TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.</b>
UBICACIÓN	JAYU JAYU <b>FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021</b>

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: C	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5
MADURACIÓN	: 24 h 5% CAL - 10% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.659

Deformimetro ΔH (0.01mm.)	Def. Unit. Strain ε [ΔH/Ho]	1 - Def. Unit. 1-ε	Area corregida Ac (cm <sup>2</sup> )	Carga P (kg)	Esfuerzo Desviador stress: σ1 -σ3 = σ σ (Kg/cm <sup>2</sup> ) σ (KPa)		Def. Falla ε %	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
0	0.00000	1.00000	79.88	0.00	0.00	0.00	0.00	Diámetro Promedio, Do (cm) : 10.09
10	0.00048	0.99952	79.92	11.81	0.15	14.49	0.05	Altura Promedio, Ho (cm) : 20.98
20	0.00095	0.99905	79.96	26.10	0.33	32.01	0.10	Relacion Altura/diámetro : 2.08
30	0.00143	0.99857	80.00	52.40	0.66	64.24	0.14	Peso de la Muestra humeda : 3729.41
40	0.00191	0.99809	80.03	79.90	1.00	97.90	0.19	Área Sección Transv. Ao (cm <sup>2</sup> ) : 79.88
50	0.00238	0.99762	80.07	108.20	1.35	132.52	0.24	Volumen, Vo (cm <sup>3</sup> ) : 1675.64
75	0.00358	0.99642	80.17	169.40	2.11	207.22	0.36	Altura Final, Hf (cm) : 20.58
100	0.00477	0.99523	80.26	218.50	2.72	266.97	0.48	<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA</b>
150	0.00715	0.99285	80.46	315.80	3.93	384.92	0.72	Peso Suelo Húmedo + Tara : 378.63
200	0.00953	0.99047	80.65	374.15	4.64	454.95	0.95	Peso Suelo Seco + Tara : 338.07
250	0.01192	0.98808	80.84	225.35	2.79	273.36	1.19	Peso de Tara : 81.80
300	0.01430	0.98570	81.04	132.50	1.64	160.34	1.43	Peso del Suelo Seco : 256.27
350	0.01669	0.98331	81.24	100.12	1.23	120.86	1.67	Peso del Agua : 40.56
400	0.01907	0.98093	81.43	72.25	0.89	87.01	1.91	% de Humedad : 15.83
								<b>PESOS UNITARIOS</b>
								Peso Unit. Húmedo, γ [ton/m <sup>3</sup> ] : 2.23
								Peso Unit. Seco γd [ton/m <sup>3</sup> ] : 1.922
								<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA</b>
								Qu: 4.64 Kg/cm <sup>2</sup> = 454.95 KPa
								<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>
								Cu: Su: 2.32 Ka/cm <sup>2</sup> = 227.48 KPa
								<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA</b>
								φu = 0°
								<b>DEFORMACION PROMEDIO A LA FALLA</b>
								ε % : 0.95%
								<b>Módulo de Young's E=</b>
								11,905.54 Kpa

Calificación de la Consistencia del Suelo : *Extremadamente Consistente o Dura*



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA.  
LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
Beth LIZMARRY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47316758

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CPI : 205176

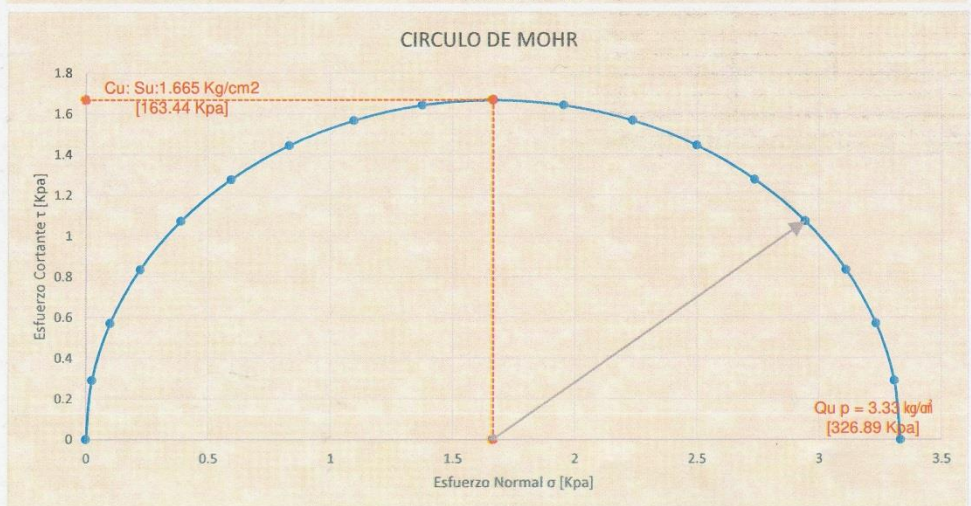
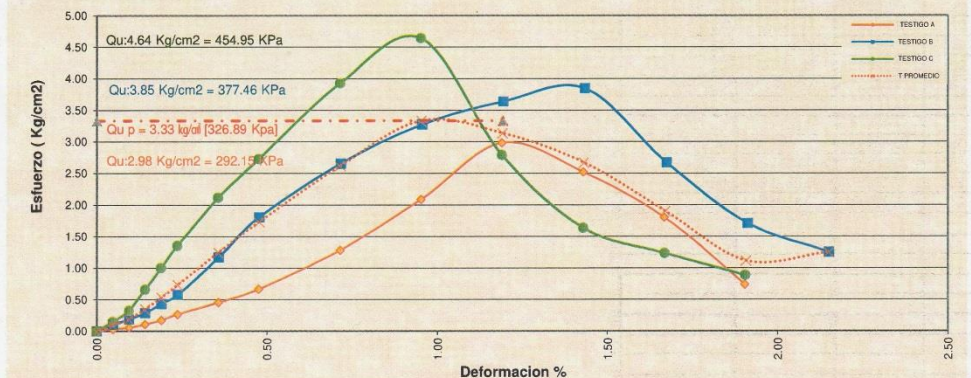
**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
 ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES			
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"		
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohe Wilson AQUINO CHURA	INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.	
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO	TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.	
UBICACIÓN	JAYU JAYU	FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021	

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: A,B,C	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5
MADURACIÓN	: 24 h 5% CAL - 10% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.059

RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA PROMEDIO	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA PROMEDIO	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA NO DRENADO	Módulo de Young's E
Qu p = 3.33 kg/cm <sup>2</sup> [326.89 Kpa]	Cu: Su:1.665 Kg/cm <sup>2</sup> [163.44 Kpa]	φU = [0°]	Es= [23008.14 Kpa]



**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA <b>INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.</b>
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO <b>TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.</b>
UBICACIÓN	JAYU JAYU <b>FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021</b>

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: A	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min): 1.5
MADURACIÓN	:24 h 5% CAL - 13% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min): 0.059

Deformimetro ΔH (0.01mm.)	Def. Unit. Strain ε [ΔH/Ho]	1 - Def. Unit. 1-ε	Area corregida Ac (cm <sup>2</sup> )	Carga P (kg)	Esfuerzo Desviador stress: σ1 -σ3 = σ σ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Falla ε %	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
0	0.00000	1.00000	78.54	0.00	0.00	0.00	Diámetro Promedio, Do (cm): 10.00
10	0.00047	0.99953	78.58	6.90	0.09	8.61	Altura Promedio, Ho (cm): 21.20
20	0.00094	0.99906	78.61	10.11	0.13	12.61	Relacion Altura/diámetro: 2.12
30	0.00142	0.99858	78.65	15.40	0.20	19.20	Peso de la Muestra humeda: 3722.97
40	0.00189	0.99811	78.69	20.90	0.27	26.05	Área Sección Transv. Ao (cm <sup>2</sup> ): 78.54
50	0.00236	0.99764	78.73	31.90	0.41	39.74	Volumen, Vo (cm <sup>3</sup> ): 1665.04
75	0.00354	0.99646	78.82	79.80	1.01	99.29	Altura Final, Hf (cm): 20.75
100	0.00472	0.99528	78.91	132.75	1.68	164.97	<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA</b>
150	0.00708	0.99292	79.10	235.35	2.98	291.78	Peso Suelo Húmedo + Tara: 397.67
200	0.00943	0.99057	79.29	328.75	4.15	406.61	Peso Suelo Seco + Tara: 357.22
250	0.01179	0.98821	79.48	415.45	5.23	512.62	Peso de Tara: 85.75
300	0.01415	0.98585	79.67	442.30	5.55	544.45	Peso del Suelo Seco: 271.47
350	0.01651	0.98349	79.86	268.15	3.36	329.29	Peso del Agua: 40.45
400	0.01887	0.98113	80.05	144.15	1.80	176.59	% de Humedad: 14.90
450	0.02123	0.97877	80.24	90.20	1.12	110.24	<b>PESOS UNITARIOS</b>
							Peso Unit. Húmedo, γ [ton/m <sup>3</sup> ]: 2.24
							Peso Unit. Seco γd [ton/m <sup>3</sup> ]: 1.946
							<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA</b>
							Qu:5.55 Kg/cm <sup>2</sup> = 544.45 KPa
							<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>
							Cu: Su:2.775 Kg/cm <sup>2</sup> = 272.23 KPa
							<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA</b>
							φu = 0°
							<b>DEFORMACION PROMEDIO A LA FALLA</b>
							ε % : 1.42%
							<b>Módulo de Young's E=</b>
							45,955.66 Kpa

Calificación de la Consistencia del Suelo : *Extremadamente Consistente o Dura*



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA.  
LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*Mary Yana*  
Bach. LIZ MARY CABRERA YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI - 47418028

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*Alex Luis Gomez*  
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP-209174

**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

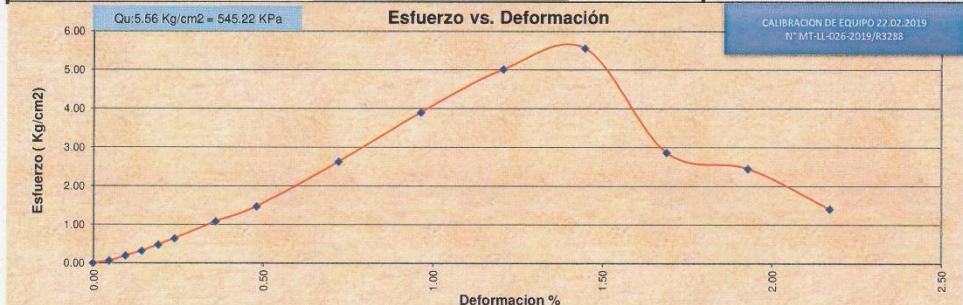
ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohe! Wilson AQUINO CHURA <b>INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.</b>
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO <b>TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.</b>
UBICACIÓN	JAYU JAYU <b>FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021</b>

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: B	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5
MADURACIÓN	:24 h 5% CAL - 13% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.059

Deformimetro ΔH	Def. Unit. Strain	1 - Def. Unit.	Area corregida	Carga	Esfuerzo Desviador stress: $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma$	Def. Falla	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
(0.01mm.)	$\epsilon [\Delta H/H_0]$	1- $\epsilon$	Ac (cm <sup>2</sup> )	P (kg)	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$ %	
0	0.00000	1.00000	79.42	0.00	0.00	0.00	Diámetro Promedio, Do (cm) : 10.06
10	0.00048	0.99952	79.46	4.80	0.06	5.92	Altura Promedio, Ho (cm) : 20.72
20	0.00097	0.99903	79.50	15.26	0.19	18.82	Relacion Altura/diámetro: 2.06
30	0.00145	0.99855	79.54	25.35	0.32	31.26	Peso de la Muestra húmeda: 3685.54
40	0.00193	0.99807	79.58	37.80	0.48	46.58	Área Sección Transv. Ao (cm <sup>2</sup> ): 79.42
50	0.00241	0.99759	79.61	51.14	0.64	62.99	Volumen, Vo (cm <sup>3</sup> ): 1645.25
75	0.00362	0.99638	79.71	86.18	1.08	106.03	Altura Final, Hf (cm) : 20.27
100	0.00483	0.99517	79.81	117.50	1.47	144.38	<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA</b>
150	0.00724	0.99276	80.00	210.15	2.63	257.60	Peso Suelo Húmedo + Tara: 476.25
200	0.00965	0.99035	80.20	312.75	3.90	382.44	Peso Suelo Seco + Tara: 424.70
250	0.01207	0.98793	80.39	403.12	5.01	491.75	Peso de Tara: 86.16
300	0.01448	0.98552	80.59	448.05	5.56	545.22	Peso del Suelo Seco: 338.54
350	0.01690	0.98310	80.79	231.50	2.87	281.02	Peso del Agua: 51.55
400	0.01931	0.98069	80.99	198.43	2.45	240.28	% de Humedad: 15.23
450	0.02172	0.97828	81.19	114.35	1.41	138.13	<b>PESOS UNITARIOS</b>
							Peso Unit. Húmedo, $\gamma$ [ton/m <sup>3</sup> ]: 2.24
							Peso Unit. Seco $\gamma_d$ [ton/m <sup>3</sup> ]: 1.944
							<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA</b>
							Qu: 5.56 Kg/cm <sup>2</sup> = 545.22 KPa
							<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>
							Cu: Su: 2.78 Kg/cm <sup>2</sup> = 272.61 KPa
							<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA</b>
							$\phi_u = 0^\circ$
							<b>DEFORMACION PROMEDIO A LA FALLA</b>
							$\epsilon$ % : 1.45%
							<b>Módulo de Young's E<sub>s</sub></b>
							41,432.56 Kpa

Calificación de la Consistencia del Suelo : *Extremadamente Consistente o Dura*



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA.  
LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
Barr. L. CARMY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4730328

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 2098726

## ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL

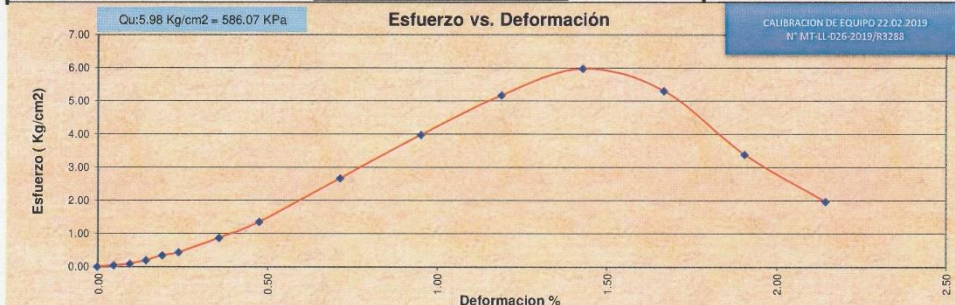
ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohe! Wilson AQUINO CHURA
INGENIERO ESPECIALISTA	: A.L.G.C.
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO
TÉCNICO ESPECIALISTA	: M.C.Y.C.
UBICACIÓN	JAYU JAYU
FECHA DE MUESTREO	: MAYO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: C	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5
MADURACIÓN	: 24 h 5% CAL - 13% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.059
			PROFUNDIDAD : 0.00-0.50

Deformimetro ΔH	Def. Unit. Strain	1 - Def. Unit.	Area corregida	Carga	Esfuerzo Desviador stress: σ1 - σ3 = σ		Def. Falla	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
(0.01mm.)	ε [ΔH/Ho]	1-ε	Ac (cm <sup>2</sup> )	P (kg)	σ (Kg/cm <sup>2</sup> )	σ (KPa)	ε %	
0	0.00000	1.00000	79.91	0.00	0.00	0.00	0.00	Diámetro Promedio, Do (cm) : 10.09
10	0.00048	0.99952	79.95	3.00	0.04	3.68	0.05	Altura Promedio, Ho (cm) : 20.98
20	0.00095	0.99905	79.99	6.80	0.09	8.34	0.10	Relacion Altura/diámetro : 2.08
30	0.00143	0.99857	80.03	15.40	0.19	18.87	0.14	Peso de la Muestra húmeda : 3742.85
40	0.00191	0.99809	80.06	26.80	0.33	32.83	0.19	Área Sección Transv. Ao (cm <sup>2</sup> ) : 79.91
50	0.00238	0.99762	80.10	34.18	0.43	41.84	0.24	Volumen, Vo (cm <sup>3</sup> ) : 1676.64
75	0.00357	0.99643	80.20	69.50	0.87	84.98	0.36	Altura Final, Hf (cm) : 20.53
100	0.00477	0.99523	80.30	108.64	1.35	132.69	0.48	
150	0.00715	0.99285	80.49	215.17	2.67	262.16	0.71	<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA</b>
200	0.00953	0.99047	80.68	321.48	3.98	390.75	0.95	Peso Suelo Húmedo + Tara : 370.06
250	0.01192	0.98808	80.88	418.14	5.17	507.02	1.19	Peso Suelo Seco + Tara : 332.92
300	0.01430	0.98570	81.07	484.50	5.98	586.07	1.43	Peso de Tara : 84.05
350	0.01668	0.98332	81.27	431.12	5.30	520.23	1.67	Peso del Suelo Seco : 248.87
400	0.01906	0.98094	81.47	275.53	3.38	331.68	1.91	Peso del Agua : 37.14
450	0.02145	0.97855	81.66	160.35	1.96	192.56	2.14	% de Humedad : 14.92
								<b>PESOS UNITARIOS</b>
								Peso Unit. Húmedo, γ [ton/m <sup>3</sup> ] : 2.23
								Peso Unit. Seco γd [ton/m <sup>3</sup> ] : 1.942
								<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA</b>
								Qu: 5.98 Kg/cm <sup>2</sup> = 586.07 KPa
								<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>
								Cu: Su: 2.99 Kg/cm <sup>2</sup> = 293.03 KPa
								ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA
								φu = 0°
								<b>DEFORMACIÓN PROMEDIO A LA FALLA</b>
								ε % : 1.43%
								<b>Módulo de Young's E=</b>
								39,037.44 Kpa

Calificación de la Consistencia del Suelo : *Extremadamente Consistente o Dura*



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA.  
LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"



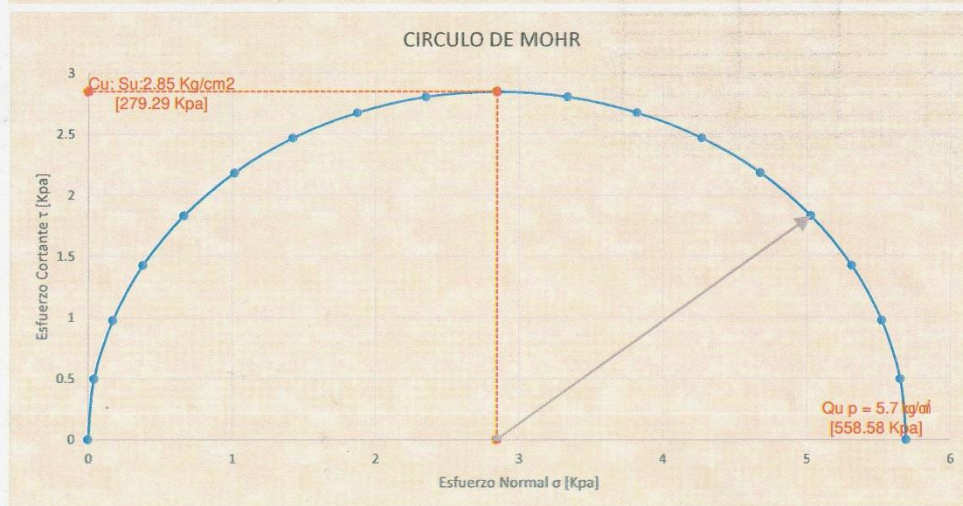
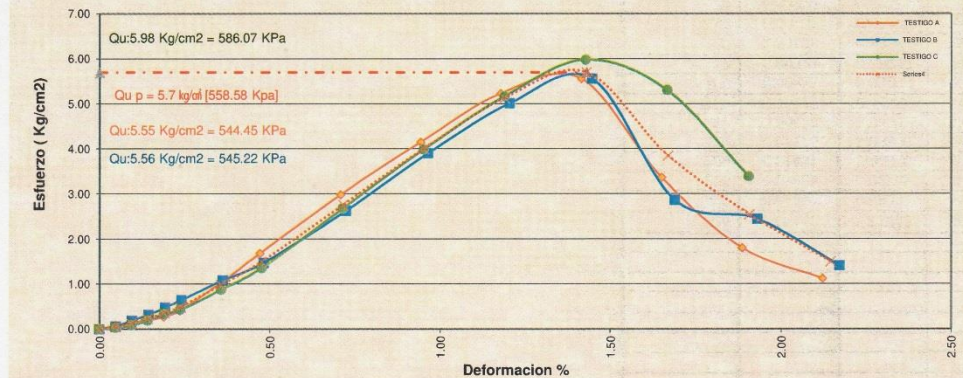
**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
 ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES			
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"		
SOLICITANTE	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yoheí Wilson AQUINO CHURA	INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.	
LOCALIZACIÓN	: DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO	TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.	
UBICACIÓN	: JAYUJAYU	FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021	

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: A,B,C	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	: - Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5
MADURACIÓN	: 24 h 5% CAL - 13% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.059
		PROFUNDIDAD : 0.00-0.50	

RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA PROMEDIO	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA PROMEDIO	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA NO DRENADO	Módulo de Young's E
Qu p = 5.7 kg/cm <sup>2</sup> [558.58 Kpa]	Cu: Su: 2.85 Kg/cm <sup>2</sup> [279.29 Kpa]	φu = [0°]	Es= [42141.89 Kpa]



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 BACH. LEIDY MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI : 47181789

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
<b>PROYECTO</b>	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
<b>SOLICITANTE</b>	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA <b>INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.</b>
<b>LOCALIZACIÓN</b>	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO <b>TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.</b>
<b>UBICACIÓN</b>	JAYU JAYU <b>FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021</b>

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
<b>Descripción Visual de la Muestra</b>	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACTAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: A	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
<b>MÉTODO</b>	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5
<b>MADURACIÓN</b>	: 24 h 5% CAL - 16% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.059

Deformimetro ΔH (0.01mm.)	Def. Unit. Strain ε [ΔH/Ho]	1 - Def. Unit. 1-ε	Area corregida Ac (cm <sup>2</sup> )	Carga P (kg)	Esfuerzo Desviador stress: σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> = σ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Falla ε %	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
0	0.00000	1.00000	78.54	0.00	0.00	0.00	Diámetro Promedio, Do (cm) : 10.00
10	0.00050	0.99950	78.58	6.30	0.08	7.86	Altura Promedio, Ho (cm) : 20.10
20	0.00100	0.99900	78.62	16.20	0.21	20.21	Relacion Altura/diámetro : 2.01
30	0.00149	0.99851	78.66	26.10	0.33	32.54	Peso de la Muestra humeda : 3568.40
40	0.00199	0.99801	78.70	42.40	0.54	52.84	Área Sección Transv. Ao (cm <sup>2</sup> ) : 78.54
50	0.00249	0.99751	78.74	69.70	0.89	86.81	Volumen, Vo (cm <sup>3</sup> ) : 1578.65
75	0.00373	0.99627	78.83	134.80	1.71	167.69	Altura Final, Hf (cm) : 19.65
100	0.00498	0.99502	78.93	199.80	2.53	248.23	<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA</b>
150	0.00746	0.99254	79.13	338.40	4.28	419.38	Peso Suelo Húmedo + Tara : 441.15
200	0.00995	0.99005	79.33	534.70	6.74	661.00	Peso Suelo Seco + Tara : 395.33
250	0.01244	0.98756	79.53	683.90	8.60	843.31	Peso de Tara : 85.74
300	0.01493	0.98507	79.73	816.30	10.24	1004.04	Peso del Suelo Seco : 309.59
350	0.01741	0.98259	79.93	883.50	11.05	1083.95	Peso del Agua : 45.82
400	0.01990	0.98010	80.13	760.10	9.49	930.19	% de Humedad : 14.80
450	0.02239	0.97761	80.34	141.30	1.76	172.48	<b>PESOS UNITARIOS</b>
							Peso Unit. Húmedo, γ [ton/m <sup>3</sup> ] : 2.26
							Peso Unit. Seco γd [ton/m <sup>3</sup> ] : 1.968
							<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA</b>
							Qu: 11.05 Kg/cm <sup>2</sup> = 1083.95 KPa
							<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>
							Cu: Su: 5.525 Kg/cm <sup>2</sup> = 541.97 KPa
							ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA φu = 0°
							<b>DEFORMACION PROMEDIO A LA FALLA</b>
							ε % : 1.74%
							<b>Módulo de Young's E=</b>
							69,901.20 Kpa

Calificación de la Consistencia del Suelo : *Extremadamente Consistente o Dura*



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA. LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
Bna. LC MARY CARMEN VANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 473059

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
INGENIERO ESPECIALISTA	A.L.G.C.
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO
TÉCNICO ESPECIALISTA	M.C.Y.C.
UBICACIÓN	JAYU JAYU
FECHA DE MUESTREO	MAYO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: B	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min): 1.5
MADURACIÓN	:24 h 5% CAL - 16% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min): 0.659

Deformímetro ΔH	Def. Unit. Strain	1 - Def. Unit.	Area corregida	Carga	Esfuerzo Desviador stress: $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma$		Def. Falla	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
(0.01mm.)	$\epsilon [\Delta H/H_0]$	1- $\epsilon$	Ac (cm <sup>2</sup> )	P (kg)	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (KPa)	$\epsilon$ %	
0	0.00000	1.00000	79.34	0.00	0.00	0.00	0.00	Dímetro Promedio, Do (cm) : 10.05
10	0.00049	0.99951	79.38	8.90	0.11	10.99	0.05	Altura Promedio, Ho (cm) : 20.60
20	0.00097	0.99903	79.42	13.60	0.17	16.79	0.10	Relacion Altura/dímetro: 2.05
30	0.00146	0.99854	79.46	20.10	0.25	24.81	0.15	Peso de la Muestra húmeda : 3695.22
40	0.00194	0.99806	79.50	36.80	0.46	45.40	0.19	Área Sección Transv. Ao (cm <sup>2</sup> ) : 79.34
50	0.00243	0.99757	79.54	52.40	0.66	64.61	0.24	Volumen, Vo (cm <sup>3</sup> ) : 1634.83
75	0.00364	0.99636	79.63	97.90	1.23	120.56	0.36	Altura Final, Hf (cm) : 20.15
100	0.00485	0.99515	79.73	146.40	1.84	180.07	0.49	<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA</b>
150	0.00728	0.99272	79.92	270.30	3.38	331.65	0.73	Peso Suelo Húmedo + Tara : 406.31
200	0.00971	0.99029	80.12	408.90	5.10	500.49	0.97	Peso Suelo Seco + Tara : 363.92
250	0.01213	0.98787	80.32	541.60	6.74	661.29	1.21	Peso de Tara : 81.78
300	0.01456	0.98544	80.52	616.90	7.66	751.38	1.46	Peso del Suelo Seco : 282.14
350	0.01699	0.98301	80.71	276.40	3.42	335.82	1.70	Peso del Agua : 42.39
400	0.01941	0.98059	80.91	158.60	1.96	192.22	1.94	% de Humedad : 15.02
450	0.02184	0.97816	81.11	82.90	1.02	100.23	2.18	<b>PESOS UNITARIOS</b>
								Peso Unit. Húmedo, y [ton/m <sup>3</sup> ] : 2.26
								Peso Unit. Seco yd [ton/m <sup>3</sup> ] : 1.965
								<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA</b>
								Qu:7.66 Kg/cm <sup>2</sup> = 751.38 KPa
								<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>
								Cu:Su:3.83 Kg/cm <sup>2</sup> = 375.69 KPa
								<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA</b>
								$\phi_u = 0^\circ$
								<b>DEFORMACION PROMEDIO A LA FALLA</b>
								$\epsilon$ % : 1.46%
								<b>Módulo de Young's E=</b>
								55,449.86 Kpa

Calificación de la Consistencia del Suelo : *Extremadamente Consistente o Dura*



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA.  
LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
Barr. L. CARMEN CARMEN YANIS CORDOBA  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4739385

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
*[Signature]*  
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
SITE DE INVESTIGACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DPI: 2091176

## ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL

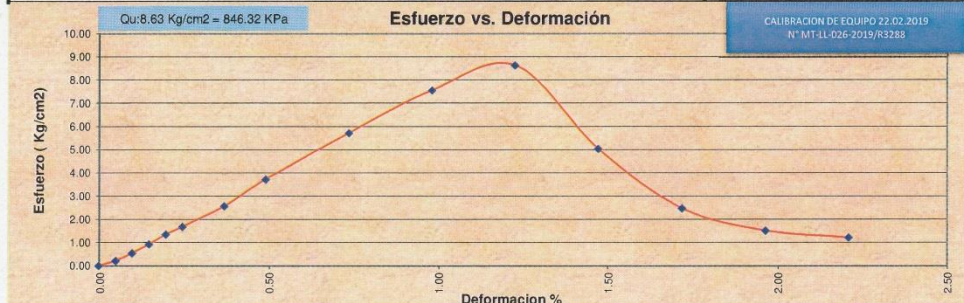
ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
 ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohe Wilson AQUINO CHURA <b>INGENIERO ESPECIALISTA : A.L.G.C.</b>
LOCALIZACIÓN	DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO <b>TÉCNICO ESPECIALISTA : M.C.Y.C.</b>
UBICACIÓN	JAYU JAYU <b>FECHA DE MUESTREO : MAYO DEL 2021</b>

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: C	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	- Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min): 1.5
MADURACIÓN	:24 h 5% CAL - 16% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min): 0.059

Deformímetro ΔH (0.01mm.)	Def. Unit. Strain ε [ΔH/Ho]	1 - Def. Unit. 1-ε	Area corregida Ac (cm <sup>2</sup> )	Carga P (kg)	Esfuerzo Desviador stress: σ1 - σ3 = σ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Falla ε %	Dimensiones Promedias de la Muestra (Tamaño de la Probeta Tallada)
0	0.00000	1.00000	79.86	0.00	0.00	0.00	Diámetro Promedio, Do (cm): 10.08
10	0.00049	0.99951	79.90	16.60	0.21	0.05	Altura Promedio, Ho (cm): 20.37
20	0.00098	0.99902	79.94	43.20	0.54	0.10	Relacion Altura/diámetro: 2.02
30	0.00147	0.99853	79.98	73.20	0.92	0.15	Peso de la Muestra húmeda: 3677.19
40	0.00196	0.99804	80.02	107.50	1.34	0.20	Área Sección Transv. Ao (cm <sup>2</sup> ): 79.86
50	0.00245	0.99755	80.06	134.10	1.67	0.25	Volumen, Vo (cm <sup>3</sup> ): 1626.82
75	0.00368	0.99632	80.16	205.90	2.57	0.37	Altura Final, Hf (cm): 19.92
100	0.00491	0.99509	80.26	297.80	3.71	0.49	<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA</b>
150	0.00736	0.99264	80.46	459.80	5.71	0.74	Peso Suelo Húmedo + Tara: 369.57
200	0.00982	0.99018	80.66	609.10	7.55	0.98	Peso Suelo Seco + Tara: 331.88
250	0.01227	0.98773	80.86	697.80	8.63	1.23	Peso de Tara: 82.65
300	0.01473	0.98527	81.06	407.90	5.03	1.47	Peso del Suelo Seco: 249.23
350	0.01718	0.98282	81.26	201.20	2.48	1.72	Peso del Agua: 37.69
400	0.01964	0.98036	81.46	123.50	1.52	1.96	% de Humedad: 15.12
450	0.02209	0.97791	81.67	99.10	1.21	2.21	<b>PESOS UNITARIOS</b>
							Peso Unit. Húmedo, γ [ton/m <sup>3</sup> ]: 2.26
							Peso Unit. Seco γd [ton/m <sup>3</sup> ]: 1.963
							<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA</b>
							Qu: 8.63 Kg/cm <sup>2</sup> = 846.32 KPa
							<b>RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA</b>
							Cu: Su: 4.315 Kg/cm <sup>2</sup> = 423.16 KPa
							<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA</b>
							φu = 0°
							<b>DEFORMACIÓN PROMEDIO A LA FALLA</b>
							ε % : 1.23%
							<b>Módulo de Young's E=</b>
							32,764.61 Kpa

Calificación de la Consistencia del Suelo : *Extremadamente Consistente o Dura*



OBSERVACION: LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS IN SITU MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA.  
 LOS EQUIPOS FUERON CALIBRADOS POR EL SERVICIO DE CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDICION INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO "METROTEC"

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 Lic. MARY CARMEN VANU CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI - 47336758

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CPT: 209378

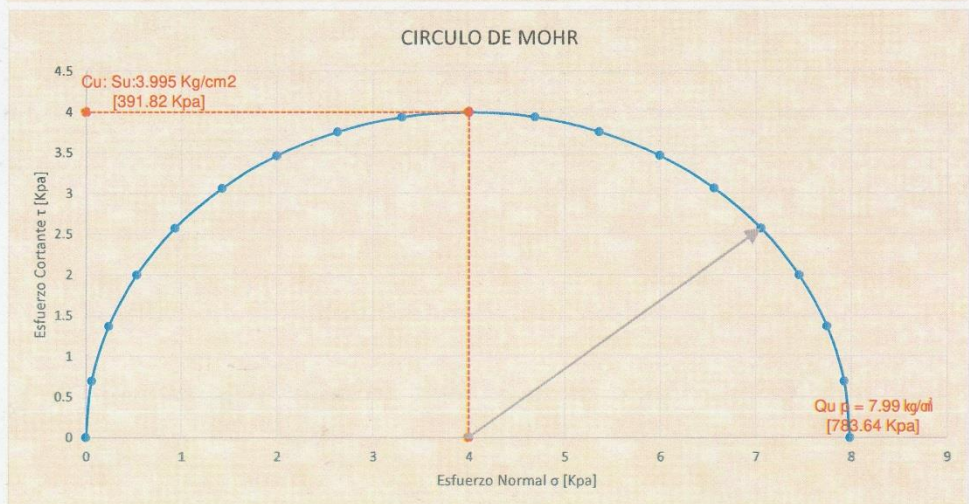
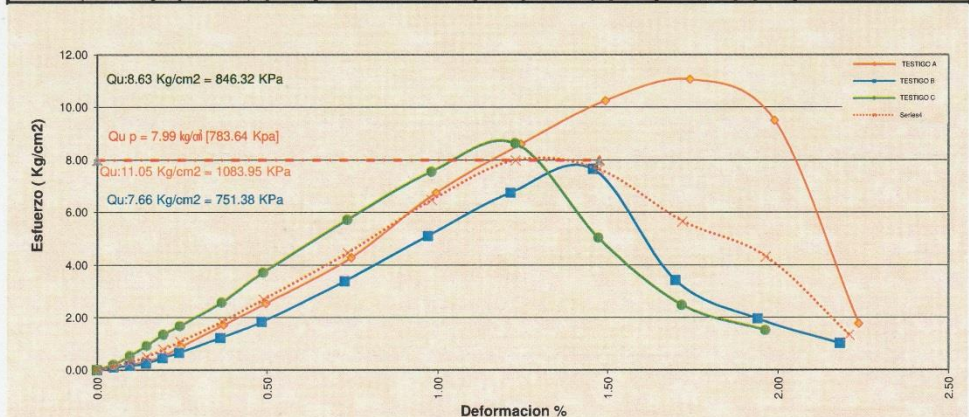
**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO-CONFINADA DE MEZCLAS COMPACTADAS DE SUELO Y CAL**

ASTM Standard ASTM D5102-09: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión no confinada de mezclas compactadas de suelo y cal.  
ASTM Standard ASTM D2166 / D2166M: Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada de Suelos Cohesivos.

DATOS GENERALES	
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"
SOLICITANTE	Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
INGENIERO ESPECIALISTA	: A.L.G.C.
LOCALIZACIÓN	: DIST. DE ACORA PROV. DE PUNO DEP. PUNO
TÉCNICO ESPECIALISTA	: M.C.Y.C.
UBICACIÓN	: JAYU JAYU
FECHA DE MUESTREO	: MAYO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
Descripción Visual de la Muestra	LIMO ARENOSO DE PLASTICIDAD BAJA DE COMPACIDAD MEDIA Y HUMEDAD ALTA (NATURAL)	AASHTO: A-4 (3)	SUCS: ML
		ESPECIMEN: A,B,C	CALICATA N° : 01
		TIPO: Remoldeado	MUESTRA N° : 02
MÉTODO	: - Deformación Controlada	PROCEDIMIENTO: A	VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 1.5
MADURACIÓN	: 24 h 5% CAL - 16% CENIZA VOLANTE	FORMA: Cilíndrico	VELOCIDAD DE ENSAYO (pulg/min) : 0.059
			PROFUNDIDAD : 0.00-0.50

RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA PROMEDIO	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA PROMEDIO	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA NO DRENADO	Módulo de Young's E
Qu p = 7.99 kg/cm <sup>2</sup> [783.64 Kpa]	Cu: Su:3.995 Kg/cm <sup>2</sup> [391.82 Kpa]	Φu = [0°]	Es= [52705.22 Kpa]



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Mary*

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI - 4738320

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Alex*

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CPI: 2093176



# G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE CONTRACCIÓN

Standard Test Method for Shrinkage Factors of Cohesive Soils by the Water Submersion Method - ASTM D4943 - 18

<b>PROYECTO</b>	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, : MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_AM-05/21-01-G&C
		<b>Fecha</b>	: 12 de Mayo del 2020

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: AFIRMADO	<b>SOLICITANTE</b>	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>CALICATA</b>	:		
<b>MUESTRA</b>	: 0% CAL - 0% CENIZA	<b>TAM. MAX.</b>	:
<b>PROFUND.</b>	: m	<b>N. FREATICO</b>	:
		<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	: m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		CUADRO DE RESULTADOS	
<b>CLASIF. SUCS</b>	:	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>	: 15 %
<b>CLASIF. AASHTO</b>	:	<b>RELACIÓN DE CONTRACCIÓN</b>	: 1.83 %
<b>DESCRIP. SUCS</b>	:	<b>CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA</b>	: -16 %

### MÉTODO POR INMERSIÓN EN AGUA

DATOS				MUESTRA	
				A	B
1	Masa del Disco de Contracción	m	[g.]	27.02	
2	Masa del Suelo Húmedo y Disco de Contracción	m <sub>d</sub>	[g.]	48.06	
3	Masa del Suelo Seco y Disco de Contracción	m <sub>w</sub>	[g.]	42.73	
4	Masa del Suelo Seco	m <sub>s</sub>	[g.]	15.71	
5	Contenido de Agua Inicial en el momento que se coloco en el Plato	w	[%]	33.93	
6	Masa de agua desplazada por el suelo Seco y Cera	m <sub>wex</sub>	[g.]	13.39	
7	Masa de Suelo Seco y Cera en el Aire	m <sub>sxa</sub>	[g.]	19.80	
8	Masa Sumergida de Suelo Seco y Cera en Agua	m <sub>sxw</sub>	[g.]	6.41	
9	Volumen de Suelo Seco y Cera	v <sub>dx</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	13.39	
10	Densidad del Agua	ρ <sub>w</sub>	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.00	
11	Masa de Cera	m <sub>x</sub>	[g.]	4.09	
12	Volumen de Cera	v <sub>x</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	4.81	
13	Gravedad Específica de Cera	G <sub>x</sub>	[g.]	0.85	
14	Densidad de Cera	ρ <sub>x</sub>	[g.]	0.85	
15	Volumen del Suelo Seco	v <sub>d</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	8.58	
16	Límite de Contracción	SL		15	
17	Volumen del Suelo Húmedo (Volumen del Plato de Contracción)	V	[cm <sup>3</sup> ]	11.57	
18	Relación de contracción	R		1.83	
19	Contracción Volumétrica	V <sub>s</sub>		-16	
20	Contenido de Humedad	w <sub>1</sub>	[%]	6.00	
21	Contracción Lineal	L <sub>s</sub>		-6	

**Observaciones:** Las muestras fueron puestas en el laboratorio y etiquetadas por el mismo.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

*[Firma]*

Bach. LIZBETH CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4734029

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*[Firma]*

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE CONTRACCIÓN

Standard Test Method for Shrinkage Factors of Cohesive Soils by the Water Submersion Method - ASTM D4943 - 18

<b>PROYECTO</b>	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_AM-05/21-02-G&C
		<b>Fecha</b>	: 12 de Mayo del 2020
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: AFIRMADO	<b>SOLICITANTE</b>	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>CALICATA</b>	: C - 01	<b>COORDENADAS</b>	
<b>MUESTRA</b>	: 5% Cal - 10% Ceniza	<b>TAM. MAX.</b>	: ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.
<b>PROFUND.</b>	: m	<b>N. FREÁTICO</b>	: m.s.n.m.
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		<b>CUADRO DE RESULTADOS</b>	
<b>CLASIF. SUCS</b>	:	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>	: 13 %
<b>CLASIF. AASHTO</b>	:	<b>RELACIÓN DE CONTRACCIÓN</b>	: 2 %
<b>DESCRIP. SUCS</b>	:	<b>CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA</b>	: -19 %

### MÉTODO POR INMERSIÓN EN AGUA

DATOS				MUESTRA	
				A	B
1	Masa del Disco de Contracción	m	[g.]	6.48	
2	Masa del Suelo Húmedo y Disco de Contracción	m <sub>d</sub>	[g.]	53.19	
3	Masa del Suelo Seco y Disco de Contracción	m <sub>w</sub>	[g.]	41.08	
4	Masa del Suelo Seco	m <sub>s</sub>	[g.]	34.60	
5	Contenido de Agua Inicial en el momento que se coloco en el Plato	w	[%]	35.00	
6	Masa de agua desplazada por el suelo Seco y Cera	m <sub>wsk</sub>	[g.]	27.01	
7	Masa de Suelo Seco y Cera en el Aire	m <sub>sxa</sub>	[g.]	44.38	
8	Masa Sumergida de Suelo Seco y Cera en Agua	m <sub>sxw</sub>	[g.]	17.37	
9	Volumen de Suelo Seco y Cera	v <sub>dx</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	27.01	
10	Densidad del Agua	ρ <sub>w</sub>	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.00	
11	Masa de Cera	m <sub>x</sub>	[g.]	9.78	
12	Volumen de Cera	v <sub>x</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	11.51	
13	Gravedad Específica de Cera	G <sub>x</sub>	[g.]	0.85	
14	Densidad de Cera	ρ <sub>x</sub>	[g.]	0.85	
15	Volumen del Suelo Seco	v <sub>d</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	15.50	
16	Límite de Contracción	SL		12	
17	Volumen del Suelo Húmedo (Volumen del Plato de Contracción)	V	[cm <sup>3</sup> ]	23.29	
18	Relación de contracción	R		2.23	
19	Contracción Volumétrica	V <sub>s</sub>		-19	
20	Contenido de Humedad	w <sub>1</sub>	[%]	4.14	
21	Contracción Lineal	L <sub>s</sub>		-7	

Observaciones:

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*[Firma]*  
Bath. LIZMERY CARMEN YANA CONDOBY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47130787

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*[Firma]*  
ING. ALEX LINZ GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CPI: 2095176



# G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE CONTRACCIÓN

Standard Test Method for Shrinkage Factors of Cohesive Soils by the Water Submersion Method - ASTM D4943 - 18

<b>PROYECTO</b>	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, : MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_AM-05/21-03-G&C
		<b>Fecha</b>	: 12 de Mayo del 2020

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: AFIRMADO	<b>SOLICITANTE</b>	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>CALICATA</b>	: C - 01	<b>COORDENADAS</b>	
<b>MUESTRA</b>	: 5% Cal - 13% ceniza	<b>TAM. MAX.</b>	: ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.
<b>PROFUND.</b>	: m	<b>N. FREATICO</b>	: m

DATOS DE LA MUESTRA		CUADRO DE RESULTADOS	
<b>CLASIF. SUCS</b>	:	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>	: 12 %
<b>CLASIF. AASHTO</b>	:	<b>RELACIÓN DE CONTRACCIÓN</b>	: 2 %
<b>DESCRIP. SUCS</b>	:	<b>CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA</b>	: -14 %

### MÉTODO POR INMERSIÓN EN AGUA

DATOS				MUESTRA	
				A	B
1	Masa del Disco de Contracción	m	[g.]	17.52	
2	Masa del Suelo Húmedo y Disco de Contracción	m <sub>d</sub>	[g.]	62.71	
3	Masa del Suelo Seco y Disco de Contracción	m <sub>w</sub>	[g.]	51.81	
4	Masa del Suelo Seco	m <sub>s</sub>	[g.]	34.29	
5	Contenido de Agua Inicial en el momento que se coloco en el Plato	w	[%]	31.79	
6	Masa de agua desplazada por el suelo Seco y Cera	m <sub>wsx</sub>	[g.]	25.80	
7	Masa de Suelo Seco y Cera en el Aire	m <sub>sxa</sub>	[g.]	42.16	
8	Masa Sumergida de Suelo Seco y Cera en Agua	m <sub>sxw</sub>	[g.]	16.36	
9	Volumen de Suelo Seco y Cera	v <sub>dx</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	25.80	
10	Densidad del Agua	ρ <sub>w</sub>	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.00	
11	Masa de Cera	m <sub>x</sub>	[g.]	7.87	
12	Volumen de Cera	v <sub>x</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	9.26	
13	Gravedad Específica de Cera	G <sub>x</sub>	[g.]	0.85	
14	Densidad de Cera	ρ <sub>x</sub>	[g.]	0.85	
15	Volumen del Suelo Seco	v <sub>d</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	16.54	
16	Límite de Contracción	SL		10	
17	Volumen del Suelo Húmedo (Volumen del Plato de Contracción)	V	[cm <sup>3</sup> ]	24.05	
18	Relación de contracción	R		2.07	
19	Contracción Volumétrica	V <sub>s</sub>		-11	
20	Contenido de Humedad	w <sub>1</sub>	[%]	4.69	
21	Contracción Lineal	L <sub>s</sub>		-4	

Observaciones:

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 BACH. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 48230220

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 ADE DE INVESTIGACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176





# G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE CONTRACCIÓN

Standard Test Method for Shrinkage Factors of Cohesive Soils by the Water Submersion Method - ASTM D4943 - 18

<b>PROYECTO</b>	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021"	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_AM-05/21-04-G&C
		<b>Fecha</b>	: 12 de Mayo del 2020

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: AFIRMADO	<b>SOLICITANTE</b>	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>CALICATA</b>	: C - 01		
<b>MUESTRA</b>	: 5% Cal - 16%	<b>TAM. MAX.</b>	: ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.
<b>PROFUND.</b>	: m	<b>N. FREATICO</b>	: m

DATOS DE LA MUESTRA		CUADRO DE RESULTADOS	
<b>CLASIF. SUCS</b>	:	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>	: 8 %
<b>CLASIF. AASHTO</b>	:	<b>RELACIÓN DE CONTRACCIÓN</b>	: 2 %
<b>DESCRIP. SUCS</b>	:	<b>CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA</b>	: 2 %

### MÉTODO POR INMERSIÓN EN AGUA

DATOS				MUESTRA	
				A	B
1	Masa del Disco de Contracción	m	[g.]	6.34	
2	Masa del Suelo Húmedo y Disco de Contracción	m <sub>d</sub>	[g.]	53.06	
3	Masa del Suelo Seco y Disco de Contracción	m <sub>w</sub>	[g.]	42.50	
4	Masa del Suelo Seco	m <sub>s</sub>	[g.]	36.16	
5	Contenido de Agua Inicial en el momento que se coloco en el Plato	w	[%]	29.20	
6	Masa de agua desplazada por el suelo Seco y Cera	m <sub>wsx</sub>	[g.]	25.12	
7	Masa de Suelo Seco y Cera en el Aire	m <sub>sxa</sub>	[g.]	42.41	
8	Masa Sumergida de Suelo Seco y Cera en Agua	m <sub>sxw</sub>	[g.]	17.29	
9	Volumen de Suelo Seco y Cera	v <sub>dx</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	25.12	
10	Densidad del Agua	ρ <sub>w</sub>	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.00	
11	Masa de Cera	m <sub>x</sub>	[g.]	6.25	
12	Volumen de Cera	v <sub>x</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	7.35	
13	Gravedad Específica de Cera	G <sub>x</sub>	[g.]	0.85	
14	Densidad de Cera	ρ <sub>x</sub>	[g.]	0.85	
15	Volumen del Suelo Seco	v <sub>d</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	17.77	
16	Límite de Contracción	SL		8	
17	Volumen del Suelo Húmedo (Volumen del Plato de Contracción)	V	[cm <sup>3</sup> ]	25.34	
18	Relación de contracción	R		2.04	
19	Contracción Volumétrica	V <sub>s</sub>		2	
20	Contenido de Humedad	w <sub>1</sub>	[%]	9.15	
21	Contracción Lineal	L <sub>s</sub>		1	

Observaciones:

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

*Carmen Yana*

Bra. LDMARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
ENI: 4721922

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

*Alex Luján*

ING. ALEX LUJÁN GÓMEZ CALLA  
JEFE DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE CONTRACCIÓN

Standard Test Method for Shrinkage Factors of Cohesive Soils by the Water Submersion Method - ASTM D4943 - 18

<b>PROYECTO</b>	*ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS VECINALES, MODIFICADO CON CAL Y CENIZA VOLANTE, CARRETERA ACORA - JAYUJAYU, ACORA, PUNO 2021*	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_AM-05/21-03-G&C
		<b>Fecha</b>	: 12 de Mayo del 2020

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: AFIRMADO	<b>SOLICITANTE</b>	: Clemer David MAQUERA FLORES, Yohel Wilson AQUINO CHURA
<b>CALICATA</b>	: C - 01	<b>COORDENADAS</b>	
<b>MUESTRA</b>	: 5% Cal - 13% ceniza	<b>TAM. MAX.</b>	: ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.
<b>PROFUND.</b>	: m	<b>N. FREATICO</b>	: :

DATOS DE LA MUESTRA	CUADRO DE RESULTADOS	
<b>CLASIF. SUCS</b> :	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b> :	12 %
<b>CLASIF. AASHTO</b> :	<b>RELACIÓN DE CONTRACCIÓN</b> :	2 %
<b>DESCRIP. SUCS</b> :	<b>CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA</b> :	-14 %

### MÉTODO POR INMERSIÓN EN AGUA

DATOS				MUESTRA	
				A	B
1	Masa del Disco de Contracción	m	[g.]	17.52	
2	Masa del Suelo Húmedo y Disco de Contracción	m <sub>d</sub>	[g.]	62.71	
3	Masa del Suelo Seco y Disco de Contracción	m <sub>w</sub>	[g.]	51.81	
4	Masa del Suelo Seco	m <sub>s</sub>	[g.]	34.29	
5	Contenido de Agua Inicial en el momento que se colocó en el Plato	w	[%]	31.79	
6	Masa de agua desplazada por el suelo Seco y Cera	m <sub>despl</sub>	[g.]	25.80	
7	Masa de Suelo Seco y Cera en el Aire	m <sub>soa</sub>	[g.]	42.16	
8	Masa Sumergida de Suelo Seco y Cera en Agua	m <sub>soa</sub>	[g.]	16.36	
9	Volumen de Suelo Seco y Cera	V <sub>sa</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	25.80	
10	Densidad del Agua	ρ <sub>w</sub>	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.00	
11	Masa de Cera	m <sub>c</sub>	[g.]	7.87	
12	Volumen de Cera	V <sub>c</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	9.26	
13	Gravedad Específica de Cera	G <sub>c</sub>	[g.]	0.85	
14	Densidad de Cera	ρ <sub>c</sub>	[g.]	0.85	
15	Volumen del Suelo Seco	V <sub>s</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	16.54	
16	Límite de Contracción	SL		10	
17	Volumen del Suelo Húmedo (Volumen del Plato de Contracción)	V	[cm <sup>3</sup> ]	24.05	
18	Relación de contracción	R		2.07	
19	Contracción Volumétrica	V <sub>s</sub>		-11	
20	Contenido de Humedad	w <sub>l</sub>	[%]	4.69	
21	Contracción Lineal	L <sub>s</sub>		-4	

**Observaciones:**

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Dpto. C.O. INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
PUNO PERÚ

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Dpto. C.O. INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
PUNO PERÚ

## ANEXO 5. Certificados de calibración de equipos de laboratorio



**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 052 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	190076	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	
3. Dirección	Av. Simon Bolivar N° 2740, Puno - Puno - PUNO	
4. Equipo	PRENSA MANUAL MULTIUSOS CBR Y COMPRESIÓN NO CONFINADA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad	5000 kgf	
Marca	KAIZA CORP.	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	G&C01003	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	NO INDICA	
Ubicación	NO INDICA	
5. Indicador	DIGITAL	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	HIGH WEIGHT	
Número de Serie	221114	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
División de Escala / Resolución	0,1 kgf	
6. Fecha de Calibración	2019-12-22	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-12-23

JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 013 - 2019***Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura*

Página 1 de 6

<b>1. Expediente</b>	<b>190053</b>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA &amp; TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p>
<b>2. Solicitante</b>	<b>G &amp; C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.</b>	
<b>3. Dirección</b>	Av. Simón Bolívar N° 2740, Puno - Puno - PUNO	
<b>4. Equipo</b>	<b>HORNO</b>	
<b>Alcance Máximo</b>	De 0 °C a 150 °C	
<b>Marca</b>	ALFA	
<b>Modelo</b>	G-030/250	
<b>Número de Serie</b>	NO INDICA	
<b>Procedencia</b>	TURQUIA	
<b>Identificación</b>	MT-191 (*)	
<b>Ubicación</b>	NO INDICA	

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 150 °C	0 °C a 150 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	TERMÓMETRO ANALÓGICO

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**5. Fecha de Calibración 2019-12-19**

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2019-12-19		

JUAN C. QUISPE MORALES

*Metrología & Técnicas S.A.C.*  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282  
RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)



# Metrotest

E.I.R.L.  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Página 1 de 3

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CLM-808-2019

**Solicitante** : G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES SAC

**Dirección** : AV. SIMON BOLIVAR 2740 PUNO

**Instrumento de Medición** : COPA CASA GRANDE

**Marca** : PINZUAR

**Modelo** : PS-11

**Serie** : 1591

**Identificación** : NO INDICA

**Procedencia** : COLOMBIA

**Contador** : ANALOGO

**División mínima** : 1

**Lugar de Calibración** : Lab. Longitud de Metrotest E.I.R.L.

**Fecha de Calibración** : 2019-29-13

**Fecha de Emisión** : 2019-29-13

**Misión:**

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

**Visión:**

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

**Método de Calibración** Empleado

La calibración se realizó por comparación directa usando un tacómetro y un Cronómetro Patrón certificados, empleando el método de comparación entre las indicaciones de lectura del equipo Casagrande a calibrar versus las revoluciones por minuto medidas con el tacómetro patrón en un tiempo determinado. Tomando Como referencia la Norma ASTM D 4318 y el Manual de Ensayos de Materiales (EM2000) Determinación de Limite Liquido de los Suelos MTC E 110 - 2000.

**Observaciones:**

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- Base endurecida Cumple con su referencia a rebote Seco

Los errores encontrados son menores a los Errores Máximos Permitidos (e.m.p) para su Clase de Exactitud. Los resultados indicados en el presente documentos son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto. METROTEST EIRL. No se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

- (\*) Código inscrito en una etiqueta adherida al instrumento.



Luigi Asenjo G.  
Jefe de Metrología



# Metrotest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-642-2019

<b>Solicitante</b>	<b>G&amp;C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES SAC</b>	<b>Misión:</b> Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.
<b>Dirección</b>	<b>AV. SIMON BOLIVAR N° 2740</b>	
<b>Equipo de Medición</b>	<b>BALANZA NO AUTOMÁTICA</b>	<b>Visión:</b> Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>SE602F</b>	
<b>Serie</b>	<b>B423425341</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>600 g</b>	
<b>División de escala ( d )</b>	<b>0,01 g</b>	
<b>División de verificación ( e )</b>	<b>0,1 g</b>	
<b>Tipo</b>	<b>ELECTRONICA</b>	
<b>Ubicación</b>	<b>Lab. Masa de Metrotest E.I.R.L.</b>	
<b>Fecha de Calibración</b>	<b>2019-12-13</b>	

### Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

### Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,7 °C	19,5 °C
Humedad Relativa	45 %	44 %

Sello	Fecha de emisión	Jefe de Metrología
	2018-09-13	 Luigi Asenjo G.

Página 1 de 4  
FM035-01

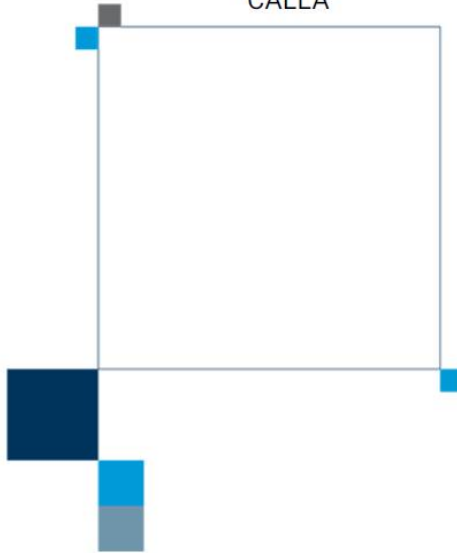
A la luz del COVID-19 (coronavirus) y las crecientes preocupaciones de seguridad para los miembros y el personal, ASTM International ha anunciado que las reuniones de abril programadas previamente en Boston (del 29 de marzo al 3 de abril) y Praga (del 27 al 30 de abril) han sido canceladas.  
[Más \(/newsroom/astm-international-cancels-april-standards-meetings-boston-prague\)](#)



ASTM INTERNATIONAL  
Helping our world work better

ASTM International  
Certificate of  
Membership  
2021 Membership Term

ALEX L GOMEZ  
CALLA



*Katharine E. Morgan*  
Katharine Morgan  
President

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO  
TEST SIEVE CERTIFICATED**

**GRAN TEST**

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA

IN ACCORDANCE WITH NORM

**ASTM E 11:2015**

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	49,73	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	50,13	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	5,05	mm
MALLA No. MESH No.	2"	
SERIE No. SERIAL No.	64466	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,58	µm
FECHA DATE	2018 - 07 - 11	FIRMA SIGN

*Rafael Lopez*

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

**PINZUAR LTDA**  
**TELS: (571) 7454555**  
**Calle 18 # 103 B 72**  
**www.pinzuar.com.co**  
**BOGOTÁ - COLOMBIA**



AC-P-11-F-01 Rev4



**ANEXO 6. Costos de materiales, instrumentos y laboratorio**

**FACTURA NEGOCIABLE**

**COMERCIAL FERRETERIA**

# CORONITAS M&A

DE RAMON DIAZ MARLENY

**VENTA DE FERRETERIA EN GENERAL / AL POR MAYOR Y MENOR**

Como Pintura en latex, esmalte, mangueras de riego y polietileno, tuberías de agua y desagüe, mallas ganaderas, seguridad industrial, minería, herramientas de construcción, productos químicos y ferreteria en general

Domicilio Fiscal: Jr.3 de Noviembre N°52C - Cercado - Cel.: 958 977033 / #951 005050  
JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

**RUC. 10404377502**

## FACTURA

001- **Nº 0002813**

Señor(es): <i>Johel Wilson Aquino Chira</i>		FECHA		
Direccion: <i>Jr. Ocoña 431 Puno</i>		DIA	MES	AÑO
R.U.C.: <i>10703422603</i>	Guia de Remision:	<i>26</i>	<i>04</i>	<i>2021</i>

Cant.	DESCRIPCION	P Unitario	IMPORTE
<i>15</i>	<i>Kilos de Cal Alico</i>	<i>5.00</i>	<i>75.00</i>

Son: *Setenta y cinco 00/100 00/100*

**A & G TINAJANI IMPRESORES E.I.R.L.**  
 RUC: 20402288554 Jr. H. Iancane N° 295 Juliaca  
 A.I. 0385676213 F.I. 23/02/2019  
 Serie 001 del 002954 al 003390

SUB-TOTAL S/	<i>63.56</i>
I.G.V. % S/	<i>11.44</i>
<b>TOTAL S/</b>	<b><i>75.00</i></b>

**CANCELADO**

COPIA SIN DERECHO A CRÉDITO FISCAL DEL I.G.V.      COPIA TRANSFERIBLE - NO VALIDA PARA EFECTOS TRIBUTARIOS

# ANEXO 7. Guía de remisión – remitente emitida por ENGIE



CARRETERA COSTANERA SUR K.M. 120.5  
 Z.I. PAMPA DE PALO ILO - ILO - MOQUEGUA.  
 OFICINA PRINCIPAL: AV. REPUBLICA DE PANAMA  
 NRO. 3490 URS. CORPAC SAN ISIDRO - LIMA- LIMA.  
 TELF.: 616-7979 FAX: 616-7929 .

**R.U.C. N° 20333363900**  
**GUIA DE REMISION - REMITENTE**  
**N° 005 - 0022630**

**DESTINATARIO:** CLEMER DAVID MAQUERA FLORES  
 YOHEL WILSON AQUINO CHURA  
**DIRECCION:** JR. OCOÑA N° 431 - PUNO  
**R.U.C. / D.N.I. N°:** 73743702 - 70342260 **FECHA:** 22/04/2021

**COMPROBANTE DE PAGO**  
**TIPO:** N°

**PUNTO DE LLEGADA:** JR. OCOÑA N° 431 - PUNO  
**PUNTO DE PARTIDA:** COSTANERA SUR K.M. 120.5 ILO

**MOTIVO DEL TRASLADO**  
 Venta  Compra  Traslado entre establecimientos de una misma empresa  Importaciones  Devoluciones  
 Transformación  Consignación  Traslado zona primaria  Exportaciones  Otros.....

**RAZON SOCIAL:** TRANSPORTE PARTICULAR **R.U.C.:** **DIRECCION:**

**FECHA INIC. TRASL.:** **CHOFER:** **CONST. INSCRIPCION - MTC:** **BREVETE:** **MARCA VEHICULO:** **PLACA TRACTO:** **PLACA REMOLQUE:**

PEDIDO	MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNID.	PESO (KGS)
22/04/2021	CENIZA VOLANTE	OCHO BOLSAS EN CALIDAD DE MUESTRA PARA ANALISIS	40	Kg. APROX.	

**SOLMAY S.A.C.**  
**SECURIT**  
 GARITA PRINCIPAL  
 ENGIE ILO 21  
**CONTROLADO**  
 ENSO SALIDA  
 Hora: 22/04/21 15:23  
 Vº Bº

*Handwritten signature and date: 22/04/21*

**OBSERVACIONES:**  
**ALMACEN (REMITENTE):** **RECIBI CONFORME:** **FIRMA TRANSP:** **Vº Bº EMPRESA:**