



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Uso de cenizas de carbón para la estabilización del suelo en la  
trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Carrasco Lapa, Mayker David (ORCID: 0000-0002-0985-4323)

**ASESORA:**

Dra. Arriola Moscoso, Cecilia (ORCID: 0000-0003-2497-294X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2021

### **Dedicatoria**

Dedicado mi tesis primero a dios, por darme toda su bendición desde un inicio hasta el final de haber concluido mi carrera profesional, de igual manera a mis familiares, especialmente a mis padres a Santos carrasco miranda, Feliciano lapa Espinoza, y mis hermanos Édison y Marleny quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo el apoyo en todo momento así depositando sus enteras confianzas en cada reto.

*“Carrasco Lapa, Mayker David”*

### **Agradecimiento**

Mi agradecimiento en primer lugar a dios que siempre ha mostrado su amor y su bondad, en todo momento en el pensamiento y estar junto con mi familia bien de salud.

A la universidad Cesar Vallejo y los docentes por brindarme la educación y la enseñanza de excelencia y calidad, así mismo también agradecer a la asesora Dra. Arriola Moscoso Cecilia, gracias a todos como lo mencionado, todo esto de lograr el gran sueño de titularme como ingeniero civil.

Así mismo agradecerle a los compañeros y amigos por todo el apoyo incondicional.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2. Variables y operacionalización .....	16
3.3. Población, muestra y muestreo .....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	18
3.5. Procedimientos.....	20
3.6. Métodos de análisis de datos .....	26
3.7. Aspectos éticos.....	26
IV. RESULTADOS .....	27
V. DISCUSIÓN.....	43
VI. CONCLUSIONES.....	46
VII. RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS.....	48
ANEXOS .....	55

## Índice de tablas

Tabla 1: Correlación de tipos de suelos AASHTO-SUCS .....	12
Tabla 2: Clasificación de suelos basado en AASHTO M145 y/o ASTM D 3282.....	12
Tabla 3: Dos calicatas para exploración de suelos .....	17
Tabla 4: Número de ensayos Mr y CBR.....	18
Tabla 5: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
Tabla 6: Valoración del índice kappa.....	20
Tabla 7: Ensayo granulométrico por tamizado muestra C-1.....	28
Tabla 8: Ensayo granulométrico por tamizado muestra C-2.....	28
Tabla 9: Clasificación de tipo de suelo según AASHTO y SUCS.....	29
Tabla 10: Ensayo de limite liquido.....	30
Tabla 11: Ensayo de limite plástico.....	31
Tabla 12: Índice de plasticidad.....	32
Tabla 13: Resumen de límites de consistencia de la muestra C-2.....	33
Tabla 14: Ensayo proctor modificado de la muestra C-2.....	34
Tabla 15: Ensayo de CBR al 95% y 100% de su densidad máxima seca de C-2.....	35
Tabla 16: Influencia del uso de cenizas de carbón en límite liquido .....	36
Tabla 17: Influencia del uso de cenizas de carbón en límite plástico.....	37
Tabla 18: Influencia del uso de cenizas de carbón en índice plástico .....	38
Tabla 19: Influencia del uso de cenizas de carbón en contenido de humedad.....	39
Tabla 20: Influencia del uso de cenizas de carbón en la máxima densidad seca ...	40
Tabla 21: Influencia del uso de cenizas de carbón en la CBR al 95%.....	41
Tabla 22: Influencia del uso de cenizas de carbón en la CBR al 100%.....	42

## Índice de figuras

Figura 1: Extracción de muestra calicata C-1.....	21
Figura 2: Extracción de muestra calicata C-2.....	21
Figura 3: Cuarteo de análisis granulométrico calicata C-2.....	22
Figura 4: Cantidad de muestra para análisis granulométrico .....	22
Figura 5: Ensayo limite liquido calicata C-2 .....	23
Figura 6: Ensayo limite plástico calicata C-1 .....	23
Figura 7: Ensayo proctor modificado con adición de CC. calicata C-2.....	24
Figura 8: Ensayo proctor modificado patrón. calicata C-2.....	24
Figura 9: Ensayo de CBR patrón. calicata C-2.....	25
Figura 10: Ensayo de CBR con adición de C.C. calicata C-2.....	25
Figura 11: Zona de estudio .....	27
Figura 12: Porcentaje de tipos de material C-1.....	29
Figura 13: Porcentaje de tipos de material C-2.....	29
Figura 14: Comparación de porcentajes de tipos de material C-1 y C-2.....	30
Figura 15: Porcentajes de limite liquido más la adición de cenizas .....	31
Figura 16: Porcentajes de limite plástico más la adición de cenizas .....	31
Figura 17: Porcentajes de índice de plasticidad más la adición de cenizas .....	32
Figura 18: Resumen de límites y índice de plasticidad más la adición de cenizas...	33
Figura 19: Resultados de contenido humedad y densidad seca de la calicata C-2.	34
Figura 20: Diferenciación de CBR de la calicata C-2.....	35
Figura 21: Influencia del uso de cenizas de carbón en límite liquido.....	37
Figura 22: Influencia del uso de cenizas de carbón en límite plástico.....	37
Figura 23: Influencia del uso de cenizas de carbón en índice plástico.....	38
Figura 24: Influencia del uso de cenizas de carbón en contenido de humedad.....	39
Figura 25: Influencia del uso de cenizas de carbón en la máxima densidad seca...	40
Figura 26: Influencia del uso de cenizas de carbón en la CBR al 95%.....	41
Figura 27: Influencia del uso de cenizas de carbón en la CBR al 100%.....	42

## Resumen

En la actualidad se viene incrementando los problemas en las trochas carrozables como inestabilidad, erosión, ondulaciones, deterioros, baches entre otros, generando accidentes y ocasionando un atraso socio económico para los transportistas. El objetivo fue evaluar la influencia del uso de CC para la estabilización del suelo en la trocha carrozable. se inició con extracción de calicatas y se realizaron ensayos de granulometría, adicionando CC en límites de consistencia, proctor modificado, CBR. Como metodología de tipo aplicada, diseño cuasi – experimental, nivel explicativo, enfoque cuantitativo, población toda la trocha carrozable, muestra 2km y dos calicatas de profundidad 1.50m, muestreo no probabilístico, técnica observación directa, instrumento formatos y fichas. resultado suelo C-1 según (AASHTO A-4(8) suelo limoso) (SUCS – CL- arcilla limosa) la muestra C-2 según (AASHTO A-4(4) suelo limoso) (SUCS -ML limos inorgánicos). calicata C-2 NP índice de plasticidad, y combinado con CC aumento el IP. En la máxima densidad seca el resultado varía notablemente de 1.572 gr/cm<sup>3</sup> a 1.553 gr/cm<sup>3</sup> de MDS, con CH desde 22%, a 21.8%. En capacidad portante tuvo resultados favorables al adicionar el 8% de CC de 3.46% a 5.32% de MDS de CBR al 95% para CBR 100% de 4.06% a 6.5% MDS, con CH de 21.90%.

**Palabras clave:** Cenizas de carbón, Índice de plasticidad, Densidad seca, Capacidad portante CBR, Estabilización.

## Abstract

At present, the problems on carriage trails such as instability, erosion, undulations, deterioration, potholes, among others, are increasing, generating accidents and causing a socio-economic delay for transporters. The objective was to evaluate the influence of the use of CC for the stabilization of the soil in the carriageway. It began with extraction of test pits and granulometry tests were carried out, adding CC in consistency limits, modified proctor, CBR. As an applied methodology, it designed quasi - experimental, explanatory level, quantitative approach, population of the entire carriageway, sample 2km and two pits of 1.50m depth, non-probabilistic sampling, direct observation technique, instrument formats and files. result of soil C-1 according to (AASHTO A-4 (8) silty soil) (SUCS - CL- silty clay) sample C-2 according to (AASHTO A-4 (4) silty soil) (SUCS -ML inorganic silt). calicata C-2 NP plasticity index, and combined with CC increased the PI. In the maximum dry density, the result varies remarkably from 1,572 gr / cm<sup>3</sup> to 1,553 gr / cm<sup>3</sup> of MDS, with CH from 22% to 21.8%. In bearing capacity it had favorable results when adding 8% CC from 3.46% to 5.32% of MDS from CBR to 95% to CBR 100% from 4.06% to 6.5% MDS, with CH of 21.90%.

**Keywords:** Coal ash, Plasticity index, Dry CBR bearing capacity, density, Stabilization.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial las rutas de comunicación de transporte terrestre, son fundamentales ya que estas contribuyen una conexión desde los sectores de origen hasta los lugares de acopios, convirtiendo en carreteras de útil importancia y de sistema de integración de un desarrollo económico, social y cultural de los seres humanos, permitiendo el enlace entre pueblos y ciudades. donde también existen tipos de carreteras, a partir de estas existen carreteras de trochas carrozables, que estas son vías sin asfalto, pero también ha traído muchos problemas como el deterioro del suelo fallas superficiales, baches, ondulaciones ahuellamientos etc. lo cual para conservar las propiedades del suelo se busca solucionarlo aplicando el uso de un estabilizante para la resistencia del suelo. Por ello mismo, en Ecuador se realizó un estudio de Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos, finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón, en donde al usar este material fino al combinarse con el suelo su resultado arrojó favorablemente. De igual forma en la localidad de Medellín Colombia se evaluó sobre la Estimación de las Cenizas de Carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas, en donde las combinaciones de Ccoltejer más NaOH de 3.5 lograron mejorar hasta un 95% al exponer climas al 40, 50°C.

En nuestro país de igual forma se realizaron investigaciones parecidas a nuestro proyecto de estudio en donde se encontró en el departamento de Áncash, provincia Huaraz, distrito de independencia. de estabilizar un suelo con cenizas de carbón para posterior pavimentarla, en donde al agregarle muestra del suelo más las cenizas de carbón el CBR y la densidad seca incrementan porcentualmente, de igual forma también se redujo la plasticidad de la muestra, de esta manera aporta a la investigación, por otro lado, en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo distrito Pimentel se realizó la investigación de evaluar las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas, en donde sus resultados en las muestras C-2,M-2 fueron altas reacciones efectuando su tratamiento en el suelo arenoso y arcilloso. así mismo también, en el departamento de Amazonas específicamente en la provincia de Chachapoyas se realizó un estudio para la

estabilización de suelos con cenizas de carbón con el propósito de ser usado en la subrasante para ser mejorada con este material, en donde sus resultados obtenidos después de agregar un 25% de cenizas de carbón mejoro su comportamiento en los subrasantes así incrementando su CBR óptimo.

Por lo tanto, la estabilización de suelos en el Perú se viene progresando desde hace años detrás ya sea para carreteras o edificaciones es por ello que la investigación es de suma interés donde se busca lograr de hacer conocimiento sobre la estabilidad del suelo agregando residuos de mineral en suelos y que de esa manera se tenga mejores carreteras duraderos y que brinden una mejor utilidad, concibiendo calidad y bienestar en los favorecidos.

En nuestra zona de estudio que es en el departamento de Apurímac específicamente en la provincia de Andahuaylas y distrito de Huancarama, Pampahura y de más anexos han venido trasladando sus productos agrícolas, a través de la trocha carrozable en condiciones inadecuadas, esta realidad de la comunidad ha generado y está generando un atraso en sus condiciones socio económicas. una de las principales causas es que en temporadas de lluvia la trocha carrozable se encuentra en condiciones intransitables ocasionando accidentes por falta de mantenimiento apropiado o el hecho de que ya supero su vida útil donde fue diseñado por ello se propone en esta investigación una alternativa de solución haciendo uso de ceniza de carbón.

Es por ello en nuestra investigación se ha planteado como Problema general: ¿En cuánto influye el uso de cenizas de carbón en la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021?; Así mismo los Problemas específicos: ¿En cuánto influye el uso de cenizas de carbón en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021?, ¿En cuánto influye el uso de cenizas de carbón en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021?, ¿En cuánto influye el uso de cenizas de carbón en la capacidad portante para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021?.

Así mismo en la justificación práctica el estudio se realizó debido al problema que existe en el suelo de la trocha carrozable esto con el propósito de aportar de dar los conocimientos de ingenieriles y ayudar solucionar, lo cual será de gran jerarquía como para avalar un adecuado proyecto de subestructura vial a posterior, anverso en un suelo inestable. y como Justificación teórica se aportó el conocimiento de estudio con la finalidad de sacar conclusiones del que se propone hacer el uso de cenizas de carbón para la estabilidad de un suelo, así acompañado conforme que rige la normativa MTC-2014, siendo de mucha importancia para la seguridad de los usuarios y además con ello tener una vía útil duradera. De la misma forma en la Justificación metodológica se buscó contribuir de manera significativa para las nuevas investigaciones o futuras sobre el uso de cenizas de carbón para las estabilizaciones de suelos en trochas carrozables o similares, donde en situaciones que puedan ser investigadas una vez que hayan justificados. de igual forma en la Justificación económica se identificó el problema que existe en el suelo de la trocha carrozable en la comunidad de Pampahura, distrito de Huancarama, que el material que se propone a usar es económico, de esta manera ayudará a tener en cuenta el material. a las entidades públicas y privadas, tanto a profesionales y a investigadores.

De igual manera en esta investigación como Objetivo general fue: Evaluar la influencia del uso de cenizas de carbón para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021; Así mismo los Objetivo específicos: Determinar la influencia del uso de cenizas de carbón en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021. Determinar la influencia del uso de cenizas de carbón en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021. Determinar la influencia del uso de cenizas de carbón en la capacidad portante para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021.

De igual forma se planteó para el Hipótesis general: El uso de cenizas de carbón influye notablemente para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021; Así mismo las Hipótesis específicas: El uso de cenizas de carbón varía notablemente en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021. El uso de cenizas de carbón varía notablemente en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021. El uso de cenizas de carbón varía notablemente en la capacidad portante para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales tenemos a Cañar (2017), En su trabajo experimental previo a obtener el título profesional de ingeniero civil titulada “Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”, de la universidad técnica de Ambato –Ecuador. Menciona como su objetivo general de calcular los efectos en sus resistencias del corte en el suelo arenoso, fino y arcilloso donde su conducta mecánica en las estabilizaciones de suelos con aditivos de cenizas de carbón y así poder de determinar las excelentes circunstancias para sus usos (p.3). su metodología de investigación es de tipo exploratorio donde define mediante pruebas de CBR como su capacidad portante del suelo y los contrastes en las combinaciones de (20,23,25%), donde verificar cuál de ellos 2 suelos manifiesta efectivamente para estos tipos de estabilizaciones como usos en sub rasantes y posterior evaluarlo sus resultados en su humedad en las resistencias de las combinaciones para sus usos (p.20). según sus resultados en pruebas de CBR el suelo arenoso muestra 1 aumento de 4,6 por ciento al agregar (25%) de las cenizas de carbón mejorando su equilibrio de resistencias que comienza a partir de 15.0% hasta 19,60%, mencionando que se puede utilizarlo en las sub-rasantes (p.30). en su conclusión, las adiciones de las cenizas de carbón intervienen prósperamente en el suelo expansivo como es en este asunto de la arcilla, se forma una masa compactado e incrementado su valor de compactación y por lo tanto mejoro el CBR en su resistencia al corte como prueba realizado indica que al utilizar la ceniza de carbón efectúa con sus objetivos propuestos para su labor empírico concluyo que favorece de la excelente manera para los suelos arenosos y finos (p.49)<sup>1</sup>.

Así mismo Morales (2015), En su proyecto previo a obtener su título profesional de ingeniero civil titulada. “Valoración de las Cenizas de Carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas”, de la universidad de Medellín-Columbia. Describe en su trabajo de estudio pues que su objetivo era apreciar un resultado de procedimiento para el mejorado de la conducta mecánica de combinaciones del suelo agregando cenizas de carbón en porcentajes (7,14,21%) así dando la solución de establecer

los excelentes contextos para usar en las carreteras que no se encuentran pavimentados (p.10). como metodología de su investigación fue de tipo experimental, donde su proyecto de estabilizaciones en los suelos concreta mediante pruebas de (Proctor modificado) para saber sus resultados (p.34). así mismo menciona que La Escoria no tuvo resultados agradables al ser mezclada, pero si tuvo mejor resultado al utilizar CColtejer se dieron los mejores resultados (P.71). Como conclusión de su proyecto de investigación menciona, que Las combinaciones de las Arcillas con el CC en uniones del hidróxido de sodio (NaOH) en 3.5 M lograron la mejor realidad de humedad mayor a los 95% donde se pone a unas temperaturas de los 40°C y los 50°C, logrando un 270 kPa, y recomienda de realizar investigaciones con un porcentaje mayor de dosificaciones de Cenizas de carbón (p.73)<sup>2</sup>.

De igual forma Ariza, Rojas y Romero (2016), En su proyecto de tesis para su obtención de título profesional de ingeniero civil titulado “Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante”, de la universidad la gran Colombia-Bogotá D.C. y su objetivo general describe de evaluarlo sus comportamientos mecánicos de un suelo fino con baja estabilidad volumétrica al complementar ceniza volante al (30,35 y40%) (p.8). En su metodología de investigación de un diseño experimental descriptivo (p.31). y como resultado que se obtuvo de las muestras del suelo tomada tiene un límite líquido elevado, que esta era de alta plasticidad por ende el estado natural del suelo es baja en capacidad de cargas, también en su resultado de (CBR) hubo un comportamiento positivo al adicionar el 35% de ceniza, y al agregarle el 40% de ceniza, su valor del (CBR) comienza bajar (p.56). como su conclusión mencionan que al momento de poner las cenizas al suelo se produjeron cambios efectivos, en donde incrementaron su índice de plasticidad incorporados en LL y LP con porcentajes de esparcimiento (p.56)<sup>3</sup>.

Como Antecedentes Nacionales tenemos a Bueno y Torre (2019), en su proyecto de tesis para su obtención del título profesional de ingeniero civil titulada “Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar, Independencia, Huaraz – 2018” de la universidad cesar vallejo, En donde mencionan como su objetivo principal de

optimizar la estabilidad de una superficie con los residuos de carbón en los barrios de pinar del distrito de independencia en Huaraz de acuerdo a su metodología de su proyecto de investigación fue de tipo no experimental (p.11). de acuerdo a sus resultados de su proyecto comenta que hubo que seguirle las sucesivas continuaciones donde en su primera etapa localiza los puntos luego extraer muestras y posterior ser evaluadas de las pruebas de mecánicas de suelo, en la siguiente etapa se tuvo como el levantamiento topográfico, y a su vez el conteo vehicular de esta forma determina sus calicatas. En su segunda etapa su intención fue establecer sus característica física y mecánica de las muestras de la superficie y así poder clasificarse, donde crearon sus localizaciones y trazos de calicata con una dimensión del 1x1m y de una profundidad de 1,5 m y lo recolectaron de cada 1km de longitud de la carretera pinar. después de obtener sus muestras representativas llevaron al laboratorio para sus respectivas pruebas de ensayos (p.18). En conclusión, Como resultado de sus ensayos en el laboratorio de límites consistencia, Proctor y CBR combinando con añadidura de residuo de carbón al (3,5,10%) en donde obtuvo resultados favorables para la estabilidad del suelo como su propiedad física y mecánica de los suelos, pero al momento de ingerir 5% de la ceniza de carbón en el suelo con CBR 95% se obtuvo máximo porcentaje de 14.32%, con una densidades secas de 2100 gr/cm<sup>3</sup> con CH al 14,605% reduciéndolo sus índices de plasticidad de 11.1% al 3% y también se pudo disminuir la expansión del suelo de 0.86% al 0.20% (p.27)<sup>4</sup>.

Así lo mismo Cubas,Falen (2016), En su tesis para obtención de su título profesional de ingeniero civil titulada (Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas) de la Universidad señor de Sipan del departamento de Lambayeque-Chiclayo-Pimentel como su objetivo general fue de evaluarla las aplicaciones de los residuos del carbón vegetal para estabilizarla el suelo mediante la activación de alcalina en las calzadas no afirmadas (p.23). la metodología de su proyecto de investigación fue Cuantitativo. Cuasi-experimental (p.92). donde menciona sobre sus resultados encontrados al agregarle los porcentajes de (7,14,21%) se indica que las eficacias de su proceso no eran altas y que éstos materiales de las cenizas eran muy contaminadas y escasos activos químicamente. pero Menciona también que sus cenizas de las muestras numero

2 tienen componentes puzolanicos en 25.71% y que constituyan efecto para las aplicaciones con cemento de acuerdo a lo establecido en la Tabla numero 10 establecido dice por Peterman & Saeed (p.174). en conclusión, mencionan que las combinaciones de cenizas de carbón en las muestras C-2, M-2 fueron altas reacciones efectuando su tratamiento en el suelo arenoso y arcilloso. y un elevado contenido de óxido de silicios (C, a, O) donde está asociado a las producciones del cerámico en donde posee un porcentaje de formas cementantes que benefician a las estabilizaciones, y menciona que pueden ser usados en estabilización del suelo arenoso y humildemente graduados con las arcillas para su mejoramiento de las sub rasante (p.201)<sup>5</sup>.

De igual forma Goñas (2019), En su tesis para su obtención del título profesional de ingeniero civil titulada (Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada), De la universidad nacional, Toribio Rodríguez de Mendoza de amazonas en Chachapoyas como su objetivo fue renovar las características de soporte que ofrece el suelo en la subrasante adicionando cenizas de carbón (p.15). la metodología de su tesis fue de diseño de investigación experimental completamente al azar (p.17). Según su resultado realizado en la prueba de ensayos de la calicata 1 y calicata 2 al adicionar cenizas de carbón (15%,20% y 25%) mejoran su propiedad mecánica del C.B.R de las superficies del tipo (CH, OH) pero no es apto como material para un subrasante debido que presentaron un CBR de 3.5% y 3.7% sin alcanzar el valor mínimo que en este caso el 6% según menciona el manual de carreteras. (p.33). donde La conclusión de su tesis hace conocer que al momento adicionar el 25% de residuos de carbón tienen un comportamiento significativo para las subrasantes del suelo tanto de las calicatas 1 y 2 debido que presentan un valor incrementado de CBR según la muestra patrón (p.33)<sup>6</sup>.

Así mismo tenemos antecedentes en otros idiomas a Misra, Anil (2000), En su proyecto titulado "Utilización de cenizas volantes de carbón occidental en la construcción de carreteras en el medio oeste" De la universidad de Missouri 5100 Rockhill Road, Kansas City, MO 64110 Departamento de Ingeniería Civil. como su objetivo fue investigar el comportamiento de compactación y desarrollo de resistencia de los suelos arcillosos estabilizados con cenizas volantes, como

metodología fue experimental como resultado de estudios realizados sobre temas de utilización de cenizas volantes tienen un alto contenido de (CaO) y concluyo que la ceniza de clase c son adecuados como agentes para mejorar el suelo<sup>7</sup>.

Por otro lado, tenemos a Melat (2016), En su obtención del Grado de Maestría en Ingeniería Geotécnica tesis titulada. "Comparación de métodos de estabilización del suelo de ceniza de madera y ceniza de bagasa" de la universidad de Tecnología y Ciencia de Addis Abeba, como su objetivo general evaluar la mejor opción en calidad, costo y tiempo como estabilizador agente para suelos expansivos entre las técnicas de estabilización de ceniza de madera y ceniza de bagazo. Dentro de su metodología fue investigación experimental, así mismo como resultado indica que los suelos de esta clase se clasifican generalmente como un material de propiedad de ingeniería deficiente para ser utilizada como material de sub-grado y material de cimentación, por lo que El suelo expansivo es obviamente un material pobre. en conclusión, que las cenizas en mayores porcentajes incrementan su resistencia en suelos expansivos para estabilizaciones<sup>8</sup>.

Por otro lado, tenemos a James, Billy, Nagarathinam, Thaniyarasu y Madhu (2018), En su artículo de investigación titulado: "Pozzolanic benefit of fly ash and Steel slag mixtures in the development of the uniaxial compressive strength of lime stabilized soil". como objetivos tuvieron de examinar beneficios puzolanicos como cal y escorias para utilizar como estabilización en suelos. como metodología tuvieron experimental donde lo seleccionaron cal 6y8% al inicio en suelos CL y otro para contenido óptimo para suelos OLC para determinar su efecto y como resultado de su investigación revelaron que la adición de FA y SS benefició la fuerza puzolánica entre el 3,5 % y el 15 %. El contenido óptimo de la dosificación FA y SS también varió con el contenido de cal adoptado en conclusión el período de curado en una ganancia de fuerza del suelo cuando FA y SS se añaden durante la estabilización. Dentro de los primeros 7 días, el 50% de la resistencia del suelo es estabilizado; sin embargo, agregando FA y SS retrasan sus ganancias de fuerza durante el curado<sup>9</sup>.

De igual forma como artículos científicos tenemos a Solórzano, Zambrano, Vacca y Larrahondo (2019), Artículo titulado, "Degradación del módulo resiliente, debido

a residuos producto de combustión de carbón en arcillas de baja plasticidad”. En su objetivo menciona de medir sus efectos de residuos de carbón como sus metodologías fue experimental así mismo indica en sus resultados después hacer distintos ensayos de límites como líquido y plástico las mezclas de RPCC se evidencio la disminución de limite liquido en donde se incrementó al 100% RPCC en donde resulto también que no era plástico, al momento de adicionar un 10% y 20%, también descendió con 40% al agregar RPCC. Como conclusión indican que su artículo de investigación simula el grado de deterioro de una subrasante arcillosa cuando se contamina con la combustión de la ceniza<sup>10</sup>.

Así mismo tenemos a Ojeda, Baltazar y Mendoza (2018), En su artículo de investigación titulada: “Influencia de la inclusión de cenizas de bagazo de caña de azúcar en la compactación, CBR y resistencia a la compresión no confinada de un material granular de subrasante” de las universidades Autónoma de nuevo león y Veracruzana de la facultad de ingeniería civil. como objetivo tuvieron que instruirse en el dominio de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustitución parcial del cemento Portland compuesto para mejorar las propiedades de un suelo arenoso granular. Metodología experimental. y como resultado realizaron la prueba de compactación estándar AASHTO, donde comprobaron sus aguantes a las compresiones no confinadas y pruebas del CBR, posteriormente comprobaron su actuación del suelo natural en investigación y mezcla con porcentajes de (3%, 5% y 7%) de PCC como porcentaje de control, realizándose parciales sustituciones de PCC por SCBA en porcentajes de 0 %, 25%, 50% y 100% con respecto al peso del suelo seco. Como conclusión mencionan que hubo mejorías en las características en la compactación del CBR y sus resistencias a la compresión no confinada, disminuyendo hasta un 25% el consumo de PCC<sup>11</sup>.

De igual forma tenemos a Phanikumar, Jagapathi y Ramanjaneya (2020), En su artículo de investigación titulada: “Estabilización con humo de sílice de una subrasante de arcilla expansiva y el efecto del colchón de suelo estabilizado con humo de sílice en su CBR” En donde en problemas de los suelos expansivos en las subrasantes por consecuencias de hinchamiento, evaporación y absorción del agua como objetivo mencionan que debe mejorarse mediante estabilización química o cojín compactado o refuerzo geo sintético para que los pavimentos

construidos sobre ellos sean uniformes, estables y seguros. Como su metodología el artículo fue experimental en donde se experimentó su plasticidad, índice hinchamiento con la compactación con sílice de humo para su estabilización. Como resultado los estudios en el laboratorio determinaron uso de sílice un porcentaje de 50mm espesor del suelo en donde se concluye que al usar el humo de sílice disminuyeron su índice de plasticidad por otro lado en la compactación con el material el CBR mejoró significativamente<sup>12</sup>.

Como bases teóricas se tuvo: Cenizas de carbón: estas son polvos finos y se precisan como el residuo mineral que se consigue al carbonizar de la materia orgánica en una utilidad cualquiera<sup>13</sup>. Unas de las propiedades químicas de la ceniza carbón están compuestos según las procedencias obtenidas al ser quemado dentro de ello estas contienen: óxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ), dióxido de silicio ( $SiO_2$ ), Trióxido de azufre( $SO_3$ ), carbón ( $CO_2$ ), ( $AL_2O_3$ ) oxido de aluminio y ( $CaO$ ) oxido de calcio entre otros<sup>14</sup>.

Suelos: Es un conjunto de capas delgadas sobre las cortezas terrestres de material que provienen de las desintegraciones, alteraciones físicas o químicas de las piedras y del resto de las aceleraciones del ser vivo que sobre ella se consientan<sup>15</sup>. También es un agregado de polvos orgánicos e inorgánicos la palabra suelos representa también todos los tipos del material terroso, desde rellenos al resto, hasta arenosas por partes pavimentadas o lutitas blandas<sup>16</sup>.

Arcillas: [...]Las arcillas son un conjunto de partículas sólidas y sus diámetros ascendían menores de 0.005 mm y su propiedad al ser mezclada con agua se vuelve plástica. También como Química se considera que es un silicato de aluminio hidratada, a veces en ocasiones tiende a contener silicato de hierro, magnesio hidratado. Uno de sus estructuras de esta materia es mayormente, cristalina y complicada de forma laminar<sup>17</sup>.

Suelo según Sistema Aashto: Según esta clasificación de aashto se puede apreciar que los suelos están agrupados de 7 clases como (A-1 ab),(A-2), (A-3),(A-4),(A-5),(A-6),(A-7).

**Tabla 1.** Correlacion de tipos de suelos AASHTO-SUCS

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

Fuente: (Ministerio transporte y comunicación , 2014).

Suelo según Sistema Sucs: Este sistema de clasificación de los suelos consiste en diferenciar y utilizar por símbolos de letras para identificar los tipos de suelo como en este caso son.

(G-grava), (S-arena), (M-limo), (C-arcilla), (O-limos o Arcila orgánica), (P1-turba y suelo altamente orgánico), (H-alta plasticidad), (L-baja plasticidad), (W-bien graduada), (P-mal graduado).

**Tabla 2.** Clasificación de suelos basado en AASHTO M145 y/o ASTM D 3282

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6	
<b>Análisis granulométrico</b> % que pasa por el tamiz de:  2 mm (N° 10) 0.425 mm (N° 40) F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 50												
	máx. 30	máx. 50	mín. 51										
	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)  Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)  LL: Límite de Líquido  IP: Índice de Plasticidad													
				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41	mín. 41
	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 <sup>®</sup>	mín. 11 <sup>®</sup>	mín. 11 <sup>®</sup>
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno						Regular a insuficiente						

Fuente: (Ministerio transporte y comunicación , 2014).

Trocha carrozable: Es un camino de transitabilidad vehicular y que estas no obtienen sus características geométricas de una vía, en donde generalmente poseen un IMDA menor o igual de 200 vehículos/diarios, mayormente sus calzadas poseen de un ancho mínimo de 4,0m también se pueden edificar anchuras llamados plazuelas de encuentro en cada 500 metros mínimo, y esta carpeta de rodadura también puede ser afirmada o sin afirmar<sup>18</sup>.

Estabilización de un suelo: Las estabilizaciones de un suelo es realizar sus mejoramientos de sus propiedades físicas haciendo de un procedimiento mecánico añadiendo ya sea producto químico, natural y sintético como estabilización, y mayormente se ejecutan en las superficies del sub rasantes incorrecto o escaso conocido como estabilizaciones de suelos - cementos, suelos - cales, suelos - asfaltos. y cuando se realiza una estabilización de unas sub bases granulares para tener una mejor calidad se dice sub base tratado.<sup>19</sup> Estabilización química: Este tipo de estabilización Consiste perturbar las propiedades de un suelo usando aditivos donde al combinarse suelo y aditivo presentan cambios relevadores, y mayormente lo más usados son: la cal, el cemento, asfaltos, cloruros de calcio-sodio entre otros<sup>20</sup>.

Análisis Granulométrico: Según el MTC (2014), Es un conjunto de métodos en donde se determinan las proporciones del suelo que pasan por diferentes medidas de tamices iniciando desde la malla cuadrada (3"- aberturas de 75.000mm) hasta (n°200 – aberturas 0.075 mm)<sup>21</sup>. En este proceso se adjunta las muestras retenidas en cada tamiz y posterior pesarlo y determinar su interpretación.

Limite liquido: Es el contenido de humedad mencionado en una proporción, donde la superficie se puede encontrar en estado líquido y/o plástico lo cual se designa el surco separador desde la mitad de una masa de la superficie y se procede a cerrar su base con una distancia de 13mm o ½ pulgada de sí mismo también dejar de bajar la copa unas 25 veces de una elevación de 1cm aproximadamente dos bajadas por segundo<sup>22</sup>.

Limite plástico: Él limite plástico es denominado como la humedad más bajo en donde forman las barritas del suelo y normalmente son unos 3,2 mm o 1/8 pulgada de diámetro, este método se realiza rodando en la palma de la mano y en una

superficie plana o lisa, pero mayormente se usa vidrio esmerilado y su proceso de mezcla es aproximadamente 20 gramos de muestra adicionando agua destilada hasta donde se forme una esfera, posteriormente se coge una porción de 1.5-2 gramos para dicho ensayo<sup>23</sup>.

Proctor modificado: El proctor modificado es un procedimiento de compactación en donde se determina la relación del contenido de agua y el peso unitario del suelo esto se ejecuta en un molde de (101.6 o 152.4 mm – 4 o 6 pulgadas de diámetro) con pisón de 44.5 TN haciendo caer de una altura aprox de 18 pulgadas que esta produce una compactación de 2700 KN-m/m<sup>3</sup>, mayormente se aplica este proceso en suelos de 30% o a menos de su peso al ser retenidas en la malla o tamiz de ¾ de pulgada. y las muestras se requieren según los métodos de ensayo<sup>24</sup>.

CBR (California Bearing Ratio): CBR (Relación de soporte california) es un método de ensayo en donde se determina el índice de resistencia del suelo y su valor de soporte en bases e sub bases fijos normalmente este ensayo se ejecuta para comprobar la humedad y densidad examinada del suelo<sup>25</sup>.de igual manera el procedimiento se realiza fundamentalmente para espesar el terrero o muestras en un molde normado y posteriormente se deja en el agua durante 4 días tomando al inicio su lectura de punzo amiento después terminado se procede a evaluar la capacidad del soporte del suelo estudiado.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### **Tipo de investigación:**

En este estudio según el tipo de investigación es **Aplicada**, porque se proyectó en aportar una solución del problema que existe, y de esa manera se realizó, estudios de teorías o normas ya existentes basados en proyectos anteriores y así concretar la solución. Pero también se denomina como práctica o empírico por ello son necesarios en donde estas buscan las soluciones de problemas prácticos y concretos<sup>26</sup>.

##### **Diseño de investigación:**

Para esta investigación se consideró como tipo **Cuasi- experimental**, en donde se hizo el uso de la manipulación deliberadamente de la variable independiente al dosificar 8,12 y 18% de cenizas de carbón en el suelo de la trocha carrozable, con el objetivo de evaluar las influencias en el suelo. Este diseño consiste en disponer de dos grupos voluntarios: uno de ellos participará en el programa de capacitación (este grupo se denomina grupo experimental), mientras el otro grupo no recibirá ninguna capacitación, pero servirá de grupo control<sup>27</sup>.

##### **Nivel de investigación:**

Para este estudio de acuerdo a su nivel de investigación también fue de tipo **Explicativa**. En donde el proyecto tuvo dos variables y los objetivos fue describir la relación de la variable y poder detectar las causas y condiciones del suelo que se presentó en la actualidad.

##### **Enfoque de investigación:**

Para este estudio de investigación también se tuvo como **enfoque cuantitativo**. en donde esto nos permitió recolectar y analizar las condiciones en la que se encuentra el suelo de la trocha carrozable. Así mismo también se utilizaron las recolecciones y los análisis de datos para que pueda experimentar la hipótesis de forma de cálculo numérico y su uso estadístico así saber con exactitud los patrones de conducta de una población<sup>28</sup>.

### **3.2. Variables y Operacionalización**

#### **Variable Independiente (VI): Cenizas de carbón**

Definición conceptual: Cenizas de carbón son un conjunto de partículas finas que estas al degradarse una vez del carbón usado se convierten en polvos, similares como el de cemento o el cal. de esta manera se consigue al carbonizar de la materia orgánica en una utilidad cualquiera<sup>29</sup>. (ver anexo 2).

Definición operacional: En el desarrollo se le aplicó una combinación de cenizas de carbón en 8%,12% y 18% y de esa manera se supo sus influencias de las cenizas en el comportamiento de un suelo (ver anexo 2).

#### **Variable dependiente (VD): Estabilización del suelo**

Definición conceptual: [...] Es un proceso donde son sometidos el suelo natural a mejorar sus cualidades donde el objetivo es incrementar la resistencia y disminuir su plasticidad de esta manera incrementar la estabilidad del suelo<sup>30</sup>. (ver anexo 2).

Definición operacional: El proceso del ensayo en el laboratorio se usaron los instrumentos y estas se desarrollaron de acuerdo a las dimensiones e indicadores identificados como es este caso el índice de plasticidad, densidad seca y capacidad portante de un suelo en la trocha carrozable (ver anexo 2).

### **3.3. Población, Muestra Y Muestreo**

#### **Población:**

La población es un conjunto de individuos o personas o instituciones que son motivo de investigación en donde[...]<sup>31</sup>. La población de estudio en esta investigación es el suelo de la trocha carrozable en la comunidad de Pampahura que consta en total de 16.8 km desde la progresiva 0+000 km que inicia en ramal de tambo hasta el distrito de Huancarama final de la progresiva 0+16,8 km (ver plano anexo 6-L1).

#### **Muestra:**

Muestra puede ser obtenida de dos tipos como probabilística o también no probabilística<sup>32</sup>. Para la muestra de estudio en esta investigación se escogió solo

**2km** que son las zonas más críticas, en donde el tipo de carretera es tránsito con IDMA menor o igual de 200 vehículos/diarios, donde esta corresponde a una sola calzada según el MTC- sección de suelos y pavimentos cuadro 4.1 por ende se ejecutaron las muestras de (01) calicata por 1km de una profundidad 1.50m a nivel de la subrasante y las observaciones de las calicatas fueron de forma longitudinal y alternada, donde se realizó **(02) calicatas** desde la progresiva 0+2,91km que inicia en ccochacajas hasta centro poblado Pampahura la progresiva 0+4,7km en donde se recogió el material y luego se trasladó a un laboratorio de suelos en la ciudad de Abancay (ver plano anexo 6-L2).

**Tabla 3.** Dos calicatas para exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IDMA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IDMA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IDMA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 calicatas x km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IDMA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IDMA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IDMA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 calicata x km</li> </ul>	

Fuente: Manual de carreteras sección suelos y pavimentos.

para los ensayos de Mr y CBR del proyecto se realizó **(01) CBR** según el tipo de carreteras en este caso los numero de ensayos del cuadro 4.2 de manual de carreteras sección suelos y pavimentos que cada 3km realizar un CBR.

**Tabla 4.** Número de ensayos Mr y Cbr

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li></ul>
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li></ul>
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cada 1 km se realizará un CBR</li></ul>
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cada 1.5 km se realizará un CBR</li></ul>
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cada 2 km se realizará un CBR</li></ul>
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cada 3 km se realizará un CBR</li></ul>

Fuente: Manual de carreteras- sección: suelos y pavimentos

### **Muestreo:**

Para el presente proyecto de investigación el muestreo fue de **no probabilístico**, en donde se extrajo la muestra desde los puntos escogidos que es este caso del suelo de la trocha carrozable de Pampahura con el propósito de realizar un estudio y posterior fue analizado. “Está en escoger el método de muestreo más adecuado a la hipótesis de investigación, para obtener una muestra representativa[...]”<sup>33</sup>.

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

#### **Técnica:**

Para el presente estudio de investigación la técnica de recolección de datos fue del tipo **observación directa**, ya que mediante está se registró la situación real de la zona de estudio. En dónde (Behar, 2008). también Menciona que la metodología de recoger los datos se centra en la técnica de observación<sup>34</sup>.

**Tabla 5.** Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Descripción	Técnicas	Instrumentos	Fuente
Dosificación de cenizas de carbón	Observación directa	Ficha de recolección de datos	
Limite liquido	Observación directa	Ficha de resultados de laboratorio (Limite liquido)	NTP-339,129 (2000)
Limite plástico	Observación directa	Ficha de resultados de laboratorio (Limite plástico)	NTP-339,129 (2000)
Contenido de humedad	Observación directa	Ficha de resultados de laboratorio(Proctor modificado )	NTP-339,127 (2000)
CBR	Observación directa	Ficha de resultados de laboratorio ( CBR)	(ASTM D, 1883 – MTC E ,132)

Fuente: Elaboración propia

**Instrumento:**

El instrumento es un apoyo que brinda a las técnicas para que cumplan sus propósitos<sup>35</sup>. De igual manera en la presente investigación como instrumento de recolección de datos, se utilizó las guías de observación que estas son los **formatos** y/o **fichas** ya estandarizados por el laboratorio de mecánicas del suelo y de elaboración propia lo cual nos permitió obtener los datos necesarios de los siguientes:

- > Análisis Granulométrico (ASTM D422 – MTC E, 107)
- > Ensayo Límites de consistencia (ASTM D, 4318, MTC E110 – 111)
- > Ensayo de proctor modificado (ASTM D, 1557 – MTC E, 115)
- > Ensayo de CBR. (ASTM D, 1883 – MTC E ,132)

## Validez y confiabilidad

### Validez:

La validez explica los datos recopilados de la investigación, esencialmente representa medir lo que se proyecta medir<sup>36</sup>. En este estudio de investigación se utilizó como los instrumentos de recolección de datos las fichas técnicas para el ensayo de los suelos, lo cual está validado por los expertos o especialistas en la materia, Así mismo ya han sido estandarizados de acuerdo a las normas técnicas peruanas. De igual forma se le cuestionó a 03 ingenieros colegiados para validarlo (Ver Anexos 4).

### Confiabilidad:

En cualquier estudio la fiabilidad es una razón de clave en las operaciones de medida situado<sup>37</sup>. De esta manera la presente investigación en la confiabilidad se dio con los certificados de calibración de cada uno de los equipos e instrumentos de laboratorio de mecánica de suelos. Así mismo los resultados obtenidos del cuestionario se procesó el método de índice Kappa en donde la confiabilidad fue valor de 1.00 de esta manera la fuerza de concordancia es muy buena lo cual el instrumento es válido (ver anexos 4 y 9).

**Tabla 6.** Valoración del índice kappa

Valor de K	Fuerza de la concordancia
<0.20	Pobre
0.21-0.40	Débil
0.41-0.60	Moderada
0.61-0.80	Buena
0.81-1.00	Muy buena

Fuente: López & Pita ,2001

### 3.5. Procedimientos

En esta etapa el método de procedimientos y colección de datos se centralizaron de la siguiente manera<sup>38</sup>.

## Recolección de datos:

### primero: recolección, traslado y ejecución

- > Se recolecto las cenizas de carbón en la comunidad de Pampahura de las panaderías artesanales la cantidad necesaria.
- > Así mismo las cenizas se le selecciono manteniendo su característica adecuada de esta manera se realizó los ensayos convenientes.
- > De igual forma se hizo la excavación de calicatas con una profundidad de 1.50m y se recolecto la cantidad necesaria para realizar los ensayos correspondientes.
- > De esta manera se trasladó los materiales de muestra de calicatas más cenizas para su ejecución de ensayos en la ciudad de Abancay.



Figura 1: Extracción de muestra calicata C-1

Fuente: Elaboración propia



Figura 2: Extracción de muestra calicata C-2

Fuente: Elaboración propia

### Segundo: Ensayos en el Laboratorio

- > Los ensayos en el laboratorio se desarrollaron granulometría, límites, líquido, Límite plástico, proctor modificado y CRB de cada uno de las muestras como resultado de patrón.
- > posteriormente se escogió la muestra C-2 y a este se hizo las combinaciones de cenizas de carbón al límite líquido, limite plástico, proctor modificado, y al

CBR, añadiendo los porcentajes de (8%,12%,18%) y luego saber cuál de estas será adecuado para la estabilización del suelo en la chocha carrozable.

### **Tercero: Análisis granulométrico por tamizado ASTM -D422, MTCE-107.**

- > Se inició con el cuarteo de la muestra obtenida de cada calicata
- > Luego se comenzó colocar la muestra en una vasija, alcanzando la cantidad
- > Después de tener un peso constante se hizo el lavado sobre la muestra del material retenida por el tamiz n° 200 y se quitó el material fino.
- > posteriormente se puso en el horno para su secado por un periodo de tiempo y la temperatura admisible, hasta lograr su peso constante.
- > Al finalizar se realizó el tamizado de la muestra sobrante, y luego se pesó los restantes de cada tamiz.



Figura 3: Cuarteo de Análisis Granulométrico calicata C-2

Fuente: Elaboración propia

Figura 4: Cantidad de muestra para Análisis Granulométrico

Fuente: Elaboración propia

### **Cuarto: Ensayo de límites de consistencia ASTM-D4318,**

- > Métodos En donde Se determinaron los limites líquidos y limites plásticos en donde se supo su índice de plasticidad de las muestras C-2.
- > Se tomó la muestra que quedo retenido en la malla n° 40 un aproximado de 200 gramos de material extraído, para cada uno de los limites.

### **Limites líquidos ASTM D 4318 –MTCE-111**

- > Se procedió tomando unos 200 gramos la cantidad de muestra añadiendo agua para que forme una masa espesa levemente húmedo.
- > Después en la copa casa grande se puso una cantidad de material, y se empezó hacer un corte en el medio de la masa.
- > Luego se hizo giros de la manija contando los 25 golpes hasta que se pudo unir el material extraído.
- > posteriormente se tomó de la mitad haciendo un cuarteo para pesarlo en la tara.
- > luego se puso al horno la muestra para que pueda secar y así tener el peso de la muestra.

### Limites plásticos ASTM D 4318 –MTCE-111

- > Igual manera se procedió tomar unos 200 gramos la cantidad de muestra añadiendo agua para que forme una masa espesa levemente húmedo.
- > se tomó una cantidad de material combinado con agua y se empezó a poner sobre una superficie liza hasta que puso como rollitos.
- > posteriormente se le peso los rollitos más la tara y luego ponerlos en el horno hasta lograr tener su secado adecuado.



Figura 5: Ensayo limite liquido calicata C-2

Fuente: Elaboración propia



Figura 6: Ensayo limite plástico calicata C-1

Fuente: Elaboración propia

### Quinto: Ensayo de proctor modificado ASTM D 1557 – MTC E 115

- > En este caso se determinó el contenido de humedad y su peso unitario de la muestra.
- > En primer lugar, se tomó 6kg de muestra para combinarlo con agua de 22% y posterior a ello también se realizó otra opción, pero esta vez se tomó 5kg de muestra agregando agua un 28.8 y 24% donde no eran convenientes entonces se escogió el porcentaje de 22% de agua para la combinación pertinente.
- > posteriormente se realizó el ensayo al inicio con un proctor como patrón de la muestra, después se le agrego cenizas de 8,12y18% a cada proctor y se procedió.
- > después de tener la muestra se mezcló con agua de 22% y procedió la compactación en el molde del Próctor de 5 capas por 25 golpes.
- > después de haber ejecutado la compactación en el molde se tuvo el peso total del molde y el material.
- > Posteriormente se retiró el collarín y se escogió una cantidad de material compactada del molde inferior.
- > luego se puso en la tara para saber su peso
- > finalmente, se procedió a llevar al horno poniendo una temperatura de 120c° por 6 horas para su secado de esta manera se supo su contenido de humedad.

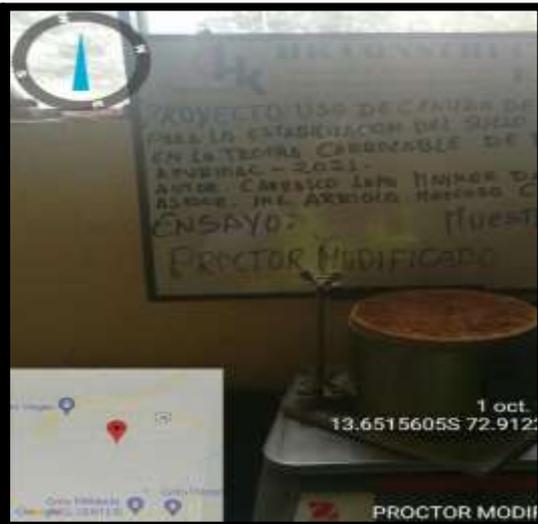


Figura 7: Ensayo proctor modificado con adición de CC. calicata C-2

Figura 8: Ensayo proctor modificado Patrón. calicata C-2

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

### Sexto: Ensayo de CBR ASTM-D1883, MTCE-132.

- > Este ensayo se desarrolló para determinar su capacidad portante del suelo en la trocha carrozable de pampahura en dónde:
- > se procedió extraer material pasante de la malla n° 3/8 para la muestra patrón y lo mismo para las combinaciones con cenizas de carbón.
- > En este caso se realizó cuatro CBR uno de material natural y los tres de porcentajes de 8,12 y 18% combinado con cenizas y se usó moldes de 6 pulgadas y bandejas para la muestra.
- > Posterior se hizo la combinación de muestra más agua al 22% para su óptimo contenido de humedad y luego se procedió con el ensayo de CBR para cada molde.
- > Después se puso el collarín sobre el molde y se compacto aplicando 5 capas por molde: 25 golpes por cada capa en total 5 capas por 25 golpes.
- > Posteriormente se retiró el collarín y se reinvertió para poner un papel de filtro y después se pesó luego se le sumergió la probeta al agua en un lavatorio manteniendo la sobrecarga aplicada durante 4 días. tomando lectura del hinchamiento día y hora.
- > después de estar sumergido la probeta en el agua se trasladó los moldes saturados a la prensa y se puso al medio para la sobrecarga adecuada y velocidad uniforme del pistón encima del material.
- > Al final se retiró el molde y se tomó la muestra para saber su humedad.



Figura 9: Ensayo de CBR Patrón. calicata C-2

Fuente: Elaboración propia

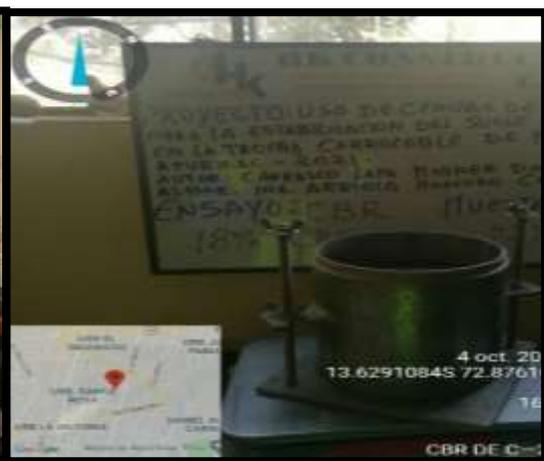


Figura 10: Ensayo de CBR con adición de C.C. calicata C-2

Fuente: Elaboración propia

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

El análisis de datos cubre el paso final de caracterizar e interpretar Resultados de la investigación<sup>39</sup>. en donde el presente proyecto de estudio como técnica de análisis de datos se utilizó la **estadística descriptiva** en donde los resultados adquiridos después de haber experimentado los estudios en el laboratorio de mecánica de suelos como son del, ensayos de granulometría, Ensayo de Límites, proctor y ensayo de CBR. se usó las herramientas del programa de Microsoft Excel para las figuras y tablas estadísticas, y de esa manera se obtuvo la información apropiada para la comprobación de la hipótesis.

### **3.7. Aspectos éticos**

Las conductas éticas se constituyen desde el hogar y lo aprendido de valores se practica en la vida cotidiana<sup>40</sup>. El presente proyecto de estudio se realizó también cumpliendo con los valores éticos, en donde su credibilidad del proyecto se cumplió con la sinceridad en los resultados y la seguridad de los datos adquiridos mediante el desarrollo del estudio de acuerdo a las normas que está sujeto. de esta manera también se respetó los derechos de los autores que se utilizaron como referencia en esta investigación.

Por lo tanto, Esta investigación garantiza la originalidad y honestad de ser autoría propia. lo cual se aprecia en software TURNITIN en donde que asegurará la originalidad de la investigación (Ver anexo 10).

## IV.RESULTADOS

### 4.1. Ubicación del área de estudio:

En la presente investigación la zona de estudio se ubicó en el departamento de Apurímac, provincia de Andahuaylas, distrito de Huancarama, comunidad Pampahura según las coordenadas esta (13°39'17.05" S) – (73°02'39.69" O) y la altitud geográfica esta 3443msnm.

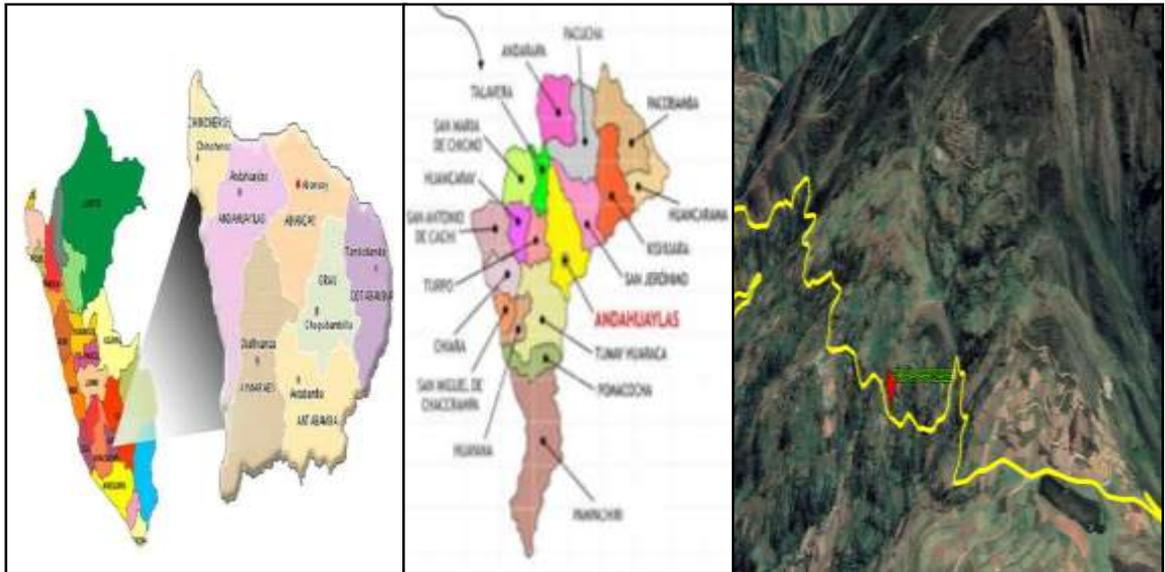


Figura 11: Zona de estudio

Fuente: Google Earth,2021

### 4.2. Ensayos previos realizados:

Se realizaron 2 calicatas en la trocha carrozable donde se escogieron las zonas más afectadas posteriormente se realizó los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos así determinar su clasificación y resistencia del suelo, de esta manera se realizó los ensayos tanto en su estado natural y la combinación de ceniza de carbón al 8,12,18% de la muestra C-1, C-2.

#### **Ensayo granulométrico por tamizado (ASTM -D422, MTCE-107.)**

En esta fase de ensayo granulométrico se pudo conocer el tamaño de las partículas del suelo que pasa por cada tamiz y cuanto fue retenido. De esta manera se determinó su porcentaje.

**Tabla 7.** Ensayo granulométrico por tamizado muestra C-1

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.2	0	0	0	100
2"	50.6	0	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	0	100
1"	25.4	0	0	0	100
3/4"	19.05	0	0	0	100
1/2"	12.7	0	0	0	100
3/8"	9.525	0	0	0	100
1/4"	6.35	1.7	0.17	0.17	99.83
N°4	4.76	3.1	0.31	0.48	99.52
N°10	2	22.7	2.27	2.75	97.25
N°20	0.84	39.9	3.99	6.74	93.26
N°30	0.59	25.8	2.58	9.32	90.68
N°40	0.42	24.1	2.41	11.73	88.27
N°60	0.25	29	2.9	14.63	85.37
N°100	0.149	26.4	2.64	17.27	82.73
N°200	0.074	44.5	4.45	21.72	78.28
PASANTE		1.9	0.19	21.91	78.09

**Tabla 8.** Ensayo granulométrico por tamizado muestra C-2

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.60	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	50.80	3.39	3.39	96.61
3/4"	19.05	66.70	4.45	7.83	92.17
1/2"	12.70	75.30	5.02	12.85	87.15
3/8"	9.53	30.70	2.05	14.90	85.10
1/4"	6.35	32.70	2.18	17.08	82.92
N°4	4.76	22.80	1.52	18.60	81.40
N°10	2.00	59.30	3.95	22.55	77.45
N°20	0.84	59.60	3.97	26.53	73.47
N°30	0.59	27.90	1.86	28.39	71.61
N°40	0.42	35.80	2.39	30.77	69.23
N°60	0.25	51.70	3.45	34.22	65.78
N°100	0.15	61.60	4.11	38.33	61.67
N°200	0.07	75.10	5.01	43.33	56.67
PASANTE		2.60	0.17	43.51	56.49

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se aprecia los porcentajes que pasa por cada tamiz en este caso de la muestra que es la calicata C-1 el tamiz n°4 pasa un 99.52% y su pasante final de un 78.28% tamaño máximo de la partícula se detuvo en el tamiz 3/8, así mismo de la calicata C-2 el tamiz n°4 pasa un 81.40% y su pasante final de un 56.67%, en cambio su tamaño máximo de la partícula se detuvo en el tamiz

11/2, dentro de ello su clasificación de estos tipos de suelos según AASHTO y S.U.C.S se aprecia en la tabla n°9.

**Tabla 9.** Clasificación de tipo de suelo según AASHTO y SUCS

Muestras	Clasificación según (AASHTO)	Clasificación según (S.U.C.S)
Calicata C-1	A-4(8)	CL
Calicata C-2	A-4(4)	ML

Fuente: Elaboración propia

En relación al tipo de suelo para cada muestra se clasifico lo siguiente en donde la calicata **C-1** según **AASHTO A-4(8)** que nos indica que es **suelo limoso** así mismo según **SUCS** se clasifica **CL** que el suelo es **arcilla limosa**, o arcillas inorgánicas de plasticidad media. De la misma forma el tipo de suelo para la calicata **C-2** según **AASHTO A-4(4)** que define que el **suelo es limoso** y según **SUCS** se clasifica **ML** en donde representa **limos inorgánicos** como polvo de roca, y arenas finas limosas.

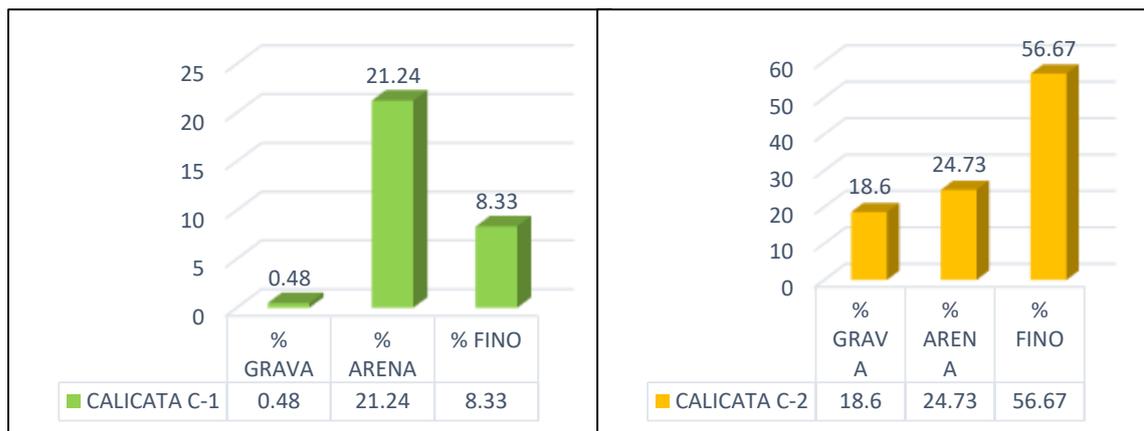


Figura 12: Porcentaje de tipos de material C-1

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Porcentaje de tipos de material C-2

Fuente: Elaboración propia

Los porcentajes adquiridos se aprecian en la figura 12 y 13 donde indican el tipo de material que existe lo cual para la calicata C-1 un porcentaje mayor es de 21.24% que es arena y para la calicata C-2 un 56.67 % de material fino.

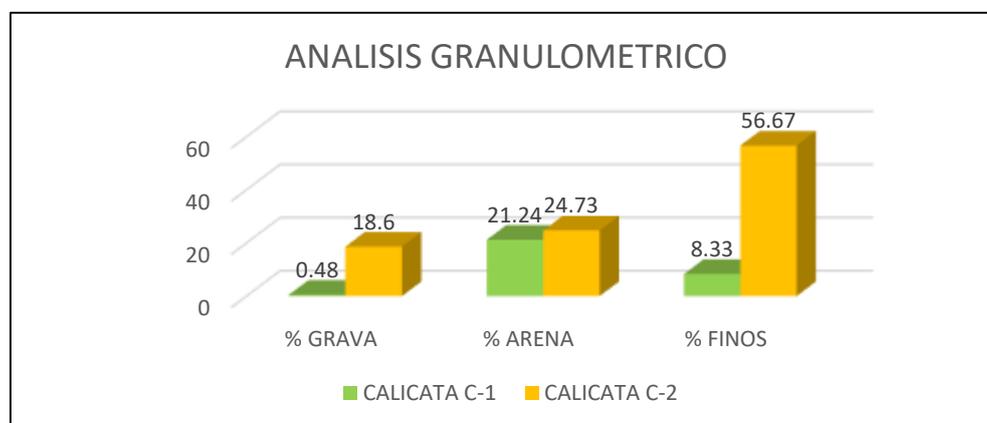


Figura 14: Comparación de Porcentajes de tipos de material C-1 y C-2

Fuente: Elaboración propia

En comparación del tipo de material que existe en las calicatas C-1 y C-2 el mayor porcentaje resulta ser finos de la calicata C-2 con un porcentaje de 56.67 % como se aprecia en la figura 14, así mismo todo el resultado (ver en anexo 9).

#### 4.3. Influencia del uso de cenizas de carbón en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo.

En esta etapa de estudio se realizó los siguientes ensayos como el Límites de consistencia que están el límite líquido y límite plástico en donde se descartó su índice de plasticidad, así como de la muestra patrón de la calicata C-2 y su combinación con ceniza de carbón al 8%,12% y 18% como se presentan en la siguiente tabla 10 y figura 15.

- **Límite líquido**

**Tabla 10.** Ensayo de límite líquido

Muestra + % de Ceniza	Límite Líquido %
C-2 + 0 %	0
C-2 + 8 % C.C.	32.81
C-2 + 12 % C.C.	34.28
C-2 + 18 % C.C.	34.6

Fuente: Elaboración propia

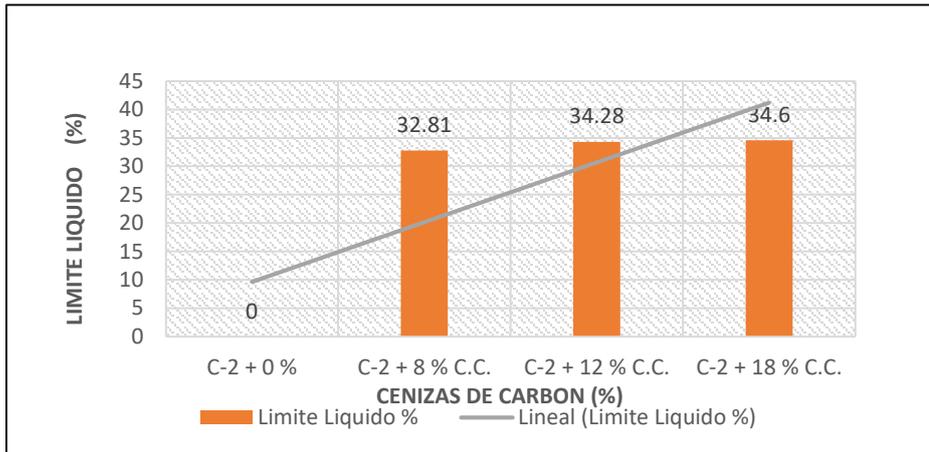


Figura 15: Porcentajes de limite liquido más la adición de cenizas

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos realizados para los límites líquidos como se aprecia en la figura 15 que al momento de realizar el ensayo de la calicata C-2 la muestra patrón o muestra natural no presenta nada 0.00%, pero al agregarle cenizas de carbón en unos porcentajes de 8,12 y 18% tienden a tener sus límites en donde al adicionar el 18% CC presenta un 34.60% que es de mayor porcentaje, así mismo todo el resultado (ver en anexo 9).

- **Limite plástico**

**Tabla 11.** Ensayo de limite plástico

Muestra + % de Ceniza	Limite Plastico %
C-2 + 0 %	34.83
C-2 + 8 % C.C.	26.33
C-2 + 12 % C.C.	27.72
C-2 + 18 % C.C.	25.58

Fuente: Elaboración propia

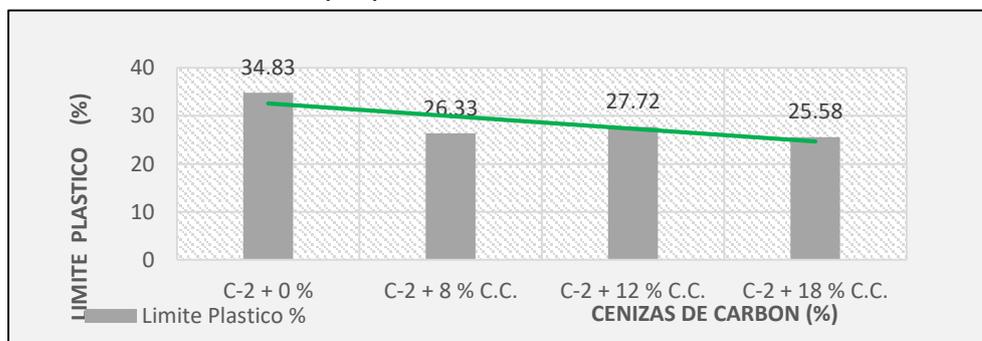


Figura 16: Porcentajes de limite plástico más la adición de cenizas

Fuente: Elaboración propia

De igual forma los ensayos realizados para el limite plástico como se aprecia en la figura 16 que al momento de realizar el ensayo de la calicata C-2 la muestra patrón o muestra natural presenta un 34.83 % de alta plasticidad, pero al agregarle cenizas de carbón en unos porcentajes de 8,12 y 18% tienden a disminuir los límites plásticos en donde al adicionar el 18% CC presenta un 25.58% que es de mayor porcentaje de disminución plástico de la muestra, así mismo todo el resultado (ver en anexo 9).

- **Índice de plasticidad**

**Tabla 12.** Índice de plasticidad

Muestra + % de Ceniza	Indice de Plasticidad %
C-2 + 0 %	0
C-2 + 8 % C.C.	6.48
C-2 + 12 % C.C.	6.56
C-2 + 18 % C.C.	9.02

Fuente: Elaboración propia

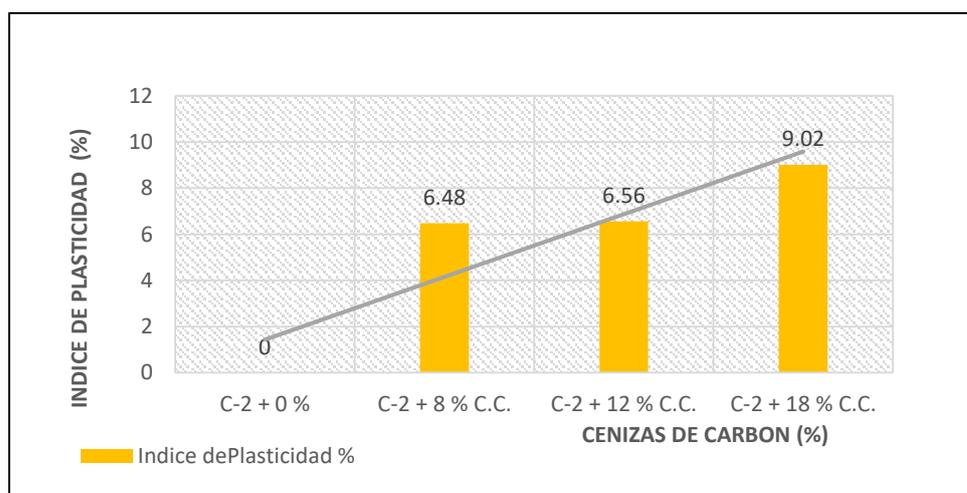


Figura 17: Porcentajes de Índice de plasticidad más la adición de cenizas

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en los ensayos realizados de LL y LP cada uno presentaban su índice de plasticidad como se aprecia en la tabla 12 y figura 17, que al momento de realizar el ensayo de la calicata C-2 la muestra patrón o muestra natural no presenta nada 0.00 % de plasticidad, pero al agregarle cenizas de carbón en los

límites también presentan un notorio porcentaje de plasticidad, en donde al adicionar el 18% de CC en los límites presenta un 9.02 % que es el mayor porcentaje de índice de plasticidad.

**Tabla 13.** Resumen de límites de consistencia de la muestra C-2

Muestra + % de Ceniza	Limite Liquido %	Limite Plastico %	Indice de Plasticidad %
C-2 + 0 %	0	34.83	0
C-2 + 8 % C.C.	32.81	26.33	6.48
C-2 + 12 % C.C.	34.28	27.72	6.56
C-2 + 18 % C.C.	34.6	25.58	9.02

Fuente: Elaboración propia

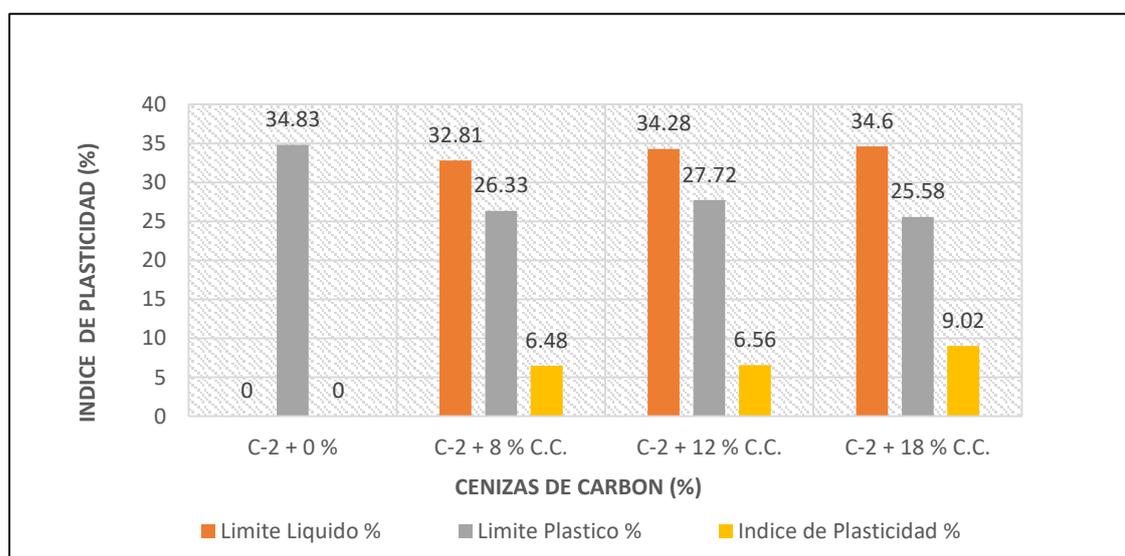


Figura 18: Resumen de límites y Índice de plasticidad más la adición de cenizas

Fuente: Elaboración propia

En resumen, después de haber realizado los ensayos de la influencia del uso de cenizas de carbón en suelos limosos de muestra C-2 tiende a subir su índice de plasticidad de un 0.00% hasta un 9.02% al agregarle unos porcentajes de ceniza de carbón 8,12 y 18% mientras que la muestra natural no presenta ningún índice de plasticidad como se aprecia en la tabla 13 y la figura 18, así mismo todo el resultado (ver en anexo 9).

#### 4.4. Influencia del uso de cenizas de carbón en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo.

En esta etapa de estudio se realizó los siguientes ensayos como el contenido de humedad y su densidad máxima seca del suelo obteniendo los resultados, así como de la muestra patrón de la calicata C-2 y su combinación con ceniza de carbón al 8%,12% y 18% de dicha muestra en donde si inicio trabajar con el ASTM-D-1557-91 método (A) lo cual se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 14.** Ensayo proctor modificado de la muestra C-2

Muestra + % de Ceniza	Contenido de Humedad %	Máxima Densidad Seca (gr/Cm <sup>3</sup> )
C-2 + 0 %	22 %	1.572 (gr/Cm <sup>3</sup> )
C-2 + 8 % C.C.	21.9 %	1.553 (gr/Cm <sup>3</sup> )
C-2 + 12 % C.C.	22 %	1.556 (gr/Cm <sup>3</sup> )
C-2 + 18 % C.C.	21.8 %	1.535 (gr/Cm <sup>3</sup> )

Fuente: Elaboración propia

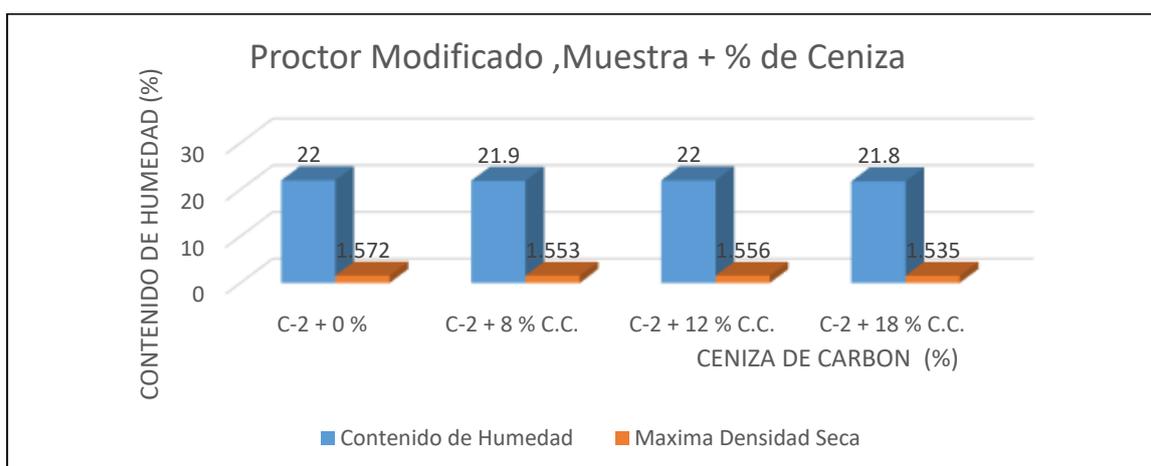


Figura 19: Resultados de contenido humedad y densidad seca de la calicata C-2

Fuente: Elaboración propia

En la figura 18 se observa que la muestra patrón o suelo natural sin la combinación de la ceniza presenta una densidad máxima de 1.572 gr/cm<sup>3</sup> al inicio de ingerir el contenido de humedad presenta al 22%, de igual manera al agregarle porcentajes de ceniza a la muestra C-2 en el 8% disminuyen al 21.9% de contenido de humedad, y su densidad seca al 1.553 gr/cm<sup>3</sup>, pero al adicionar la ceniza en 12 % vuelve a subir ligeramente su contenido de humedad al 22% al igual que su

densidad seca de 1.556 gr/cm<sup>3</sup>, así mismo al momento de agregarle la ceniza al 18% disminuye ligeramente su contenido de humedad al 21.8% y densidad seca al 1.535 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.5. Influencia del uso de cenizas de carbón en la capacidad portante para la estabilización del suelo.

En la siguiente tabla y figura se muestran el resultado del ensayo CBR como del 95% y de 100% de su capacidad portante de una 1" y 2" pulgadas de penetración hacia la muestra C-2 tanto como para el suelo muestra natural y con los porcentajes de 8%,12% y 18% adicionados de la ceniza carbón.

**Tabla 15.** Ensayo de CBR al 95% y 100% de su densidad máxima seca de C-2

Muestra + % de Ceniza	CBR 95%	CBR 100%
C-2 Muestra Natural	3.46	4.06
8 % C.C.	5.32	6.5
12 % C.C.	4.25	5.12
18 % C.C.	3.18	3.89

Fuente: Elaboración propia

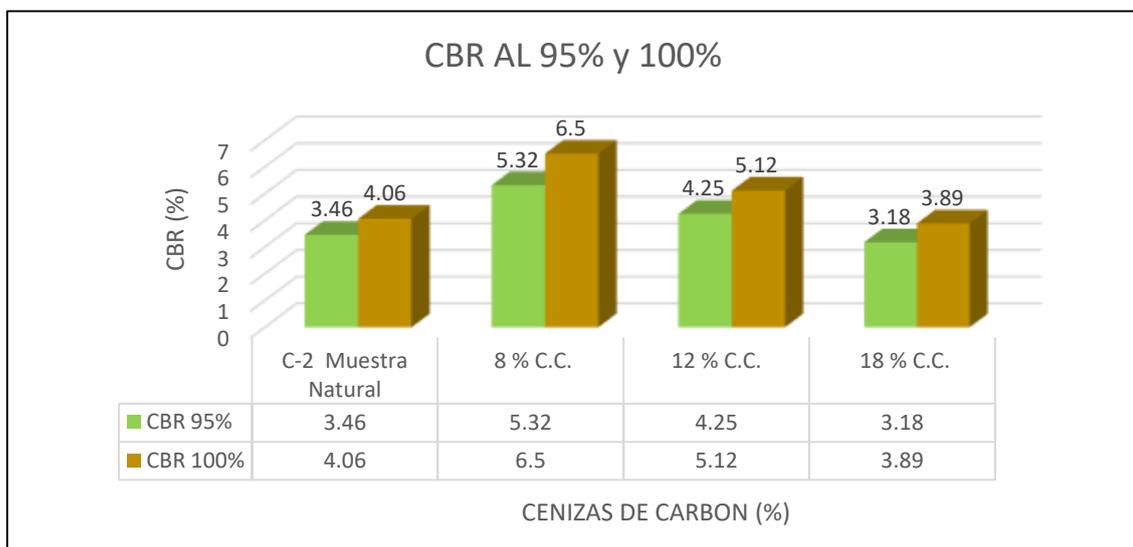


Figura 20: Diferenciación de CBR de la calicata C-2

Fuente: Elaboración propia

En los resultados del CBR al 95% y 100% de las siguientes tablas 15 y figura 20 se aprecia que hay un 3.46% de la capacidad portante del suelo de la muestra natural y agregando un 8% de cenizas de carbón eleva su capacidad de soporte del suelo hasta un 5.32% del valor de CBR al 95% de igual manera para el CBR al 100% de un 4.06% al 6.5%, pero posteriormente se redujo al agregarle ceniza al 12% a un porcentaje de 4.25% para CBR de 95% y lo mismo para el CBR DE 100% de un valor de 5.12%, así sucesivamente a siguió reduciendo su capacidad portante hasta 3.18% de CBR al 95% y 3.89% para el CBR 100% al momento de agregar el 18% de cenizas de carbón para esta calicata (ver en anexo 9).

#### 4.6. Contrastación de Hipótesis

En esta contrastación se procedió cotejar los datos obtenidos del resultado tanto del patrón de la muestra y adición de 8%,12%y 18% de ceniza de igual forma se planteó la hipótesis nula( $H_0$ ) e hipótesis alterna( $H_a$ ).

**Contrastación de hipótesis específico 1:** El uso de cenizas de carbón varían notablemente en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo

**$H_0$ :** El uso de cenizas de carbón no varían notablemente en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo

**$H_a$ :** El uso de cenizas de carbón varían notablemente en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo

#### Limite Liquido

Los limites líquidos de la muestra natural no presenta ningún porcentaje, pero a medida que se incorporó cenizas de carbón de 8%,12% y 18% varían levemente desde 0.00% hasta 34.6%.por lo que se muestra que el uso de cenizas de carbón varia notablemente en el valor de limite liquido Ver (Tabla 16 y Figura 21).

**Tabla 16.** Influencia del uso de cenizas de carbón en límite liquido

Limite Liquido	Uso de cenizas de carbón	0%	8 % C.C.	12 % C.C.	18 % C.C.
	Porcentaje de Influencia %	0	32.81	34.28	34.6

Fuente: Elaboración propia

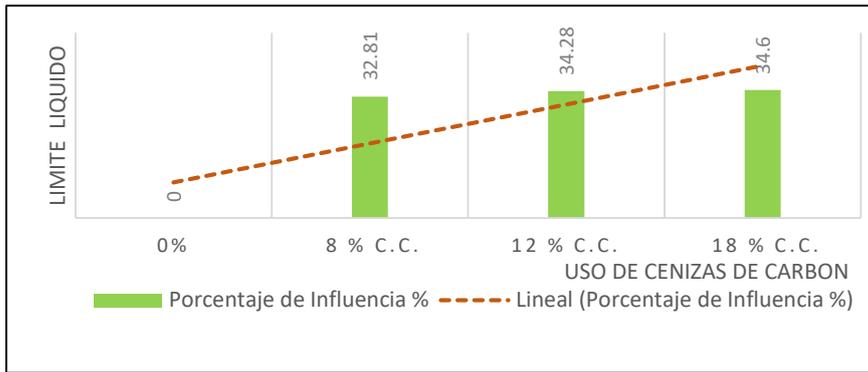


Figura 21: Influencia del uso de cenizas de carbón en límite líquido

Fuente: Elaboración propia

### Límite Plástico

Según los límites plásticos de la muestra natural presenta un 34.83% de límite plástico, pero a medida que se incorporó cenizas de carbón de 8%, 12% y 18% disminuye notablemente desde 34.83% hasta 25.58%. Por lo que se muestra que el uso de cenizas de carbón disminuye en el valor de límite plástico Ver (Tabla 17 y Figura 22).

**Tabla 17.** Influencia del uso de cenizas de carbón en límite plástico

Límite Plástico	Uso de cenizas de carbón	0%	8 % C.C.	12 % C.C.	18 % C.C.
	Porcentaje de Influencia %	34.83	26.33	27.72	25.58

Fuente: Elaboración propia

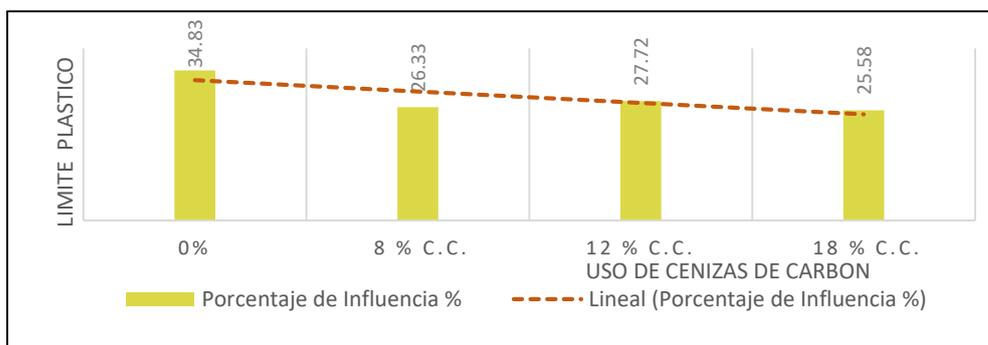


Figura 22: Influencia del uso de cenizas de carbón en límite plástico

Fuente: Elaboración propia

## Índice de Plasticidad

En esta etapa de contrastación del índice de plasticidad de la muestra natural presento un 0.00% de índice de plasticidad, pero a medida que se incorporó cenizas de carbón de 8%,12% y 18% incrementan notablemente 0.00% hasta 9.02%. Por lo que se muestra que el uso de cenizas de carbón incrementa notablemente en el valor de índice de plasticidad Ver (Tabla 18 y Figura 23).

**Tabla 18.** Influencia del uso de cenizas de carbón en índice plástico

Índice Plástico	Uso de cenizas de carbón	0%	8 % C.C.	12 % C.C.	18 % C.C.
	Porcentaje de Influencia %	0	6.48	6.56	9.02

Fuente: Elaboración propia

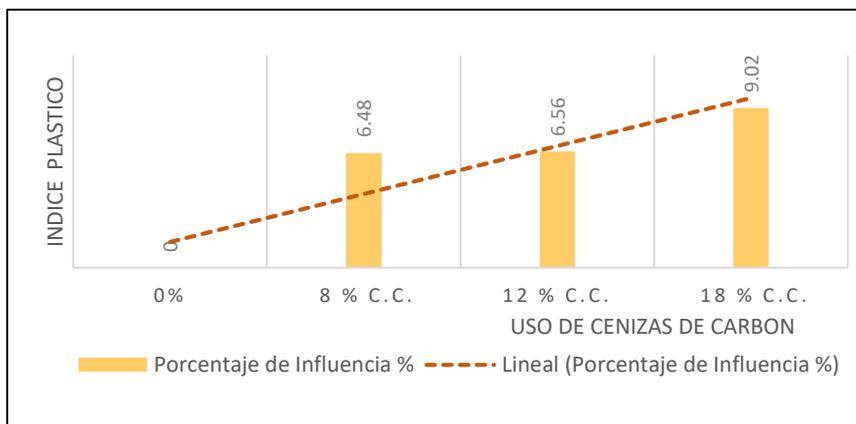


Figura 23: Influencia del uso de cenizas de carbón en índice plástico

Fuente: Elaboración propia

Por ende, se rechaza la hipótesis nula (**H<sub>0</sub>**) y se acepta la hipótesis alterna (**H<sub>a</sub>**), señalando que el uso de cenizas de carbón varía notablemente en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo.

**Contrastación de hipótesis específico 2:** El uso de cenizas de carbón varía notablemente en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo.

**H<sub>0</sub>:** El uso de cenizas de carbón no varía notablemente en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo.

**H<sub>a</sub>:** El uso de cenizas de carbón varía notablemente en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo.

## Contenido De Humedad

En la siguiente contrastación del contenido de humedad de la muestra natural presento un 22% de influencia de contenido de humedad, Pero a medida que se le agrego cenizas de carbón de 8%,12% y 18% varia notablemente desde 22% hasta 21.8% de C.H. Por lo que se muestra que el uso de cenizas de carbón varia notablemente en el valor del contenido de humedad Ver (Tabla 19 y Figura 24).

**Tabla 19.** Influencia del uso de cenizas de carbón en contenido de humedad

Contenido de Humedad	Uso de cenizas de carbón	0%	8 % C.C.	12 % C.C.	18 % C.C.
	Porcentaje de Influencia %		22	21.9	22

Fuente: Elaboración propia

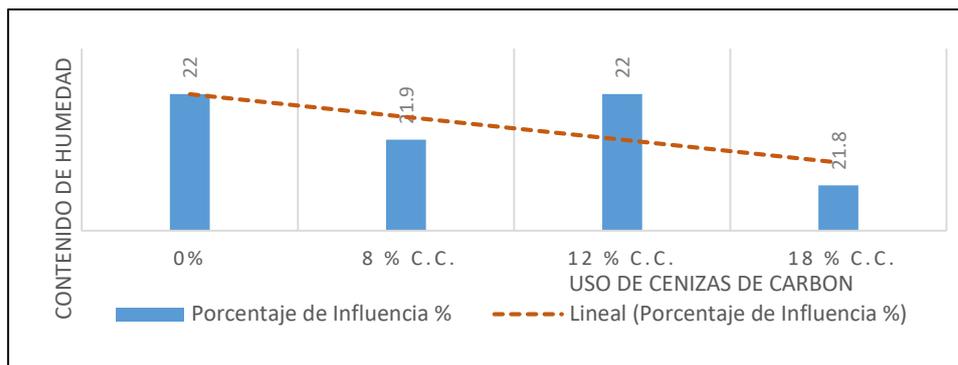


Figura 24: Influencia del uso de cenizas de carbón en contenido de humedad

Fuente: Elaboración propia

## Máxima Densidad Seca

Así mismo en la contrastación de la Máxima Densidad Seca en la muestra natural presento un 1.572% gr/cc porcentaje de influencia, Pero a medida que se le agrego cenizas de carbón de 8%,12% y 18% varia notablemente desde 1.572% gr/cc hasta 1.535% gr/CC. Por lo que se muestra que el uso de cenizas de carbón varia notablemente en el valor de Máxima Densidad Seca Ver (Tabla 20 y Figura 25).

**Tabla 20.** Influencia del uso de cenizas de carbón en la máxima densidad seca

Máxima Densidad Seca	Uso de cenizas de carbón	0%	8 % C.C.	12 % C.C.	18 % C.C.
	Porcentaje de Influencia %	1.572	1.553	1.556	1.535

Fuente: Elaboración propia

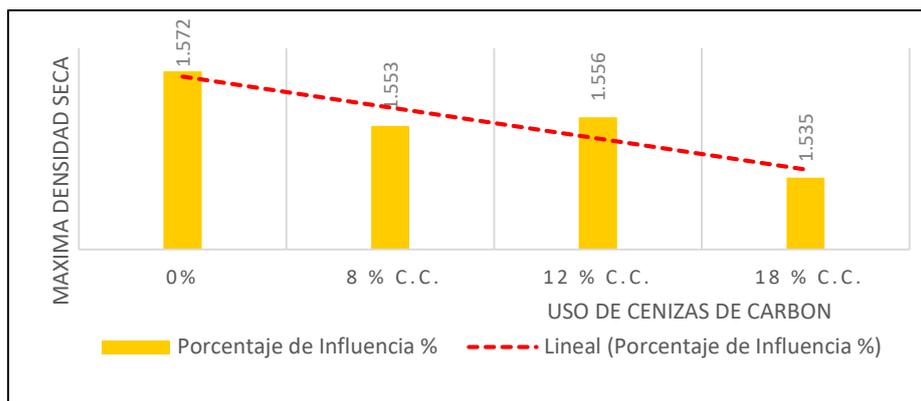


Figura 25: Influencia del uso de cenizas de carbón en la máxima densidad seca

Fuente: Elaboración propia

Por ende, se rechaza la hipótesis nula (**H<sub>0</sub>**) y se acepta la hipótesis alterna (**H<sub>a</sub>**), señalando que el uso de cenizas de carbón varía notablemente en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo.

**Contrastación de hipótesis específico 3:** El uso de cenizas de carbón varía notablemente en la capacidad portante para la estabilización del suelo.

**H<sub>0</sub>:** El uso de cenizas de carbón no varía notablemente en la capacidad portante para la estabilización del suelo.

**H<sub>a</sub>:** El uso de cenizas de carbón varía notablemente en la capacidad portante para la estabilización del suelo.

### **Relación de soporte californiana (CBR) al 95% de la máxima densidad seca**

En esta etapa de contrastación del CBR al 95% en la densidad seca se supo que la muestra natural presentó una capacidad portante de un 3.46 % kg/cm<sup>3</sup> porcentaje de influencia, Pero a medida que se le agregó cenizas de carbón de

8%,12% y 18% varían notablemente desde 3.46% kg/cm<sup>3</sup> hasta 5.32% kg/cm<sup>3</sup> en la adición de 8% de ceniza. Por lo que se muestra que el uso de cenizas de carbón varia en el valor de CBR al 95% Ver (Tabla 21 y Figura 26).

**Tabla 21.** Influencia del uso de cenizas de carbón en la capacidad portante al 95%

CBR al 95 %	Uso de cenizas de carbón	0%	8 % C.C.	12 % C.C.	18 % C.C.
	Porcentaje de Influencia %	3.46	5.32	4.25	3.18

Fuente: Elaboración propia

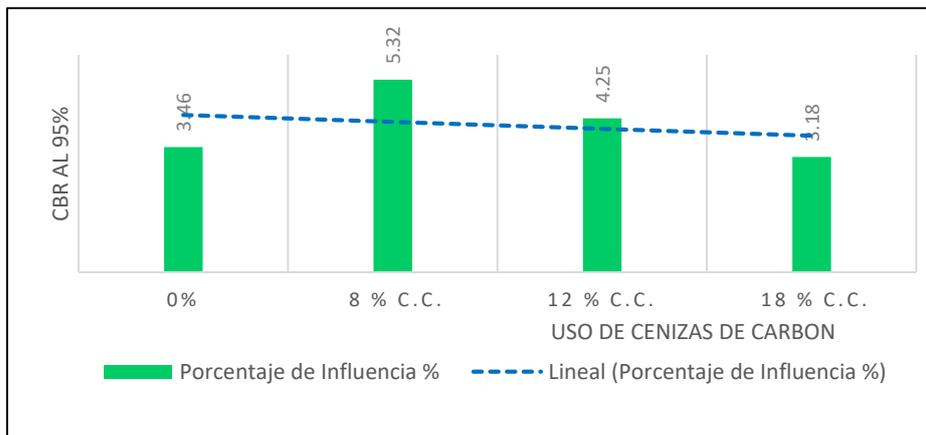


Figura 26: Influencia del uso de cenizas de carbón en la capacidad portante al 95%

Fuente: Elaboración propia

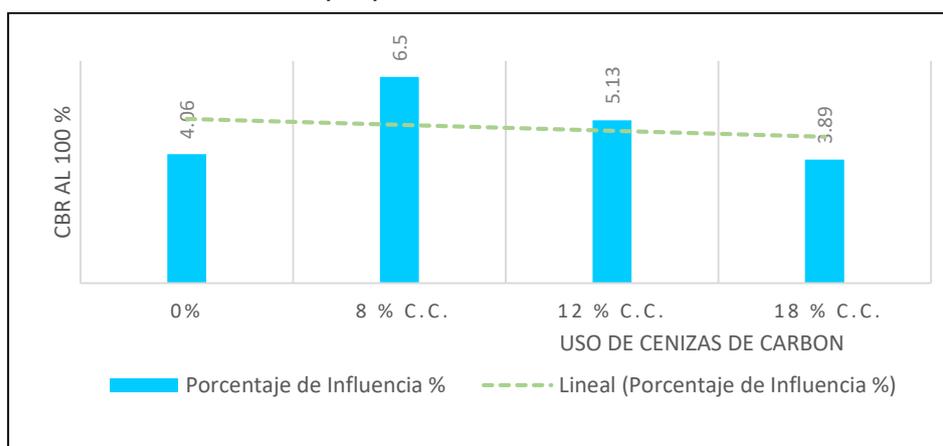
### Relación de soporte california (CBR) al 100% de la máxima densidad seca

Así mismo esta etapa de contrastación del CBR al 100% en la densidad seca se supo que la muestra natural presento una capacidad portante de un 4.06 % kg/cm<sup>3</sup> de influencia, Pero a medida que se le agrego cenizas de carbón de 8%,12% y 18% varía desde 4.06% kg/cm<sup>3</sup> hasta 6.5% kg/cm<sup>3</sup> en la adición de 8% de ceniza. Por lo que se muestra que el uso de cenizas de carbón varía en el valor de CBR al 100% Ver (Tabla 22 y Figura 27).

**Tabla 22.** Influencia del uso de cenizas de carbón en la capacidad portante al 100%

CBR al 100 %	Uso de cenizas de carbón	0%	8 % C.C.	12 % C.C.	18 % C.C.
	Porcentaje de Influencia %		4.06	6.5	5.13

Fuente: Elaboración propia



**Figura 27:** Influencia del uso de cenizas de carbón en la capacidad portante al 100%

Fuente: Elaboración propia

Por ende, se rechaza la hipótesis nula (**H<sub>0</sub>**) y se acepta la hipótesis alterna (**H<sub>a</sub>**), señalando que el uso de cenizas de carbón varía notablemente en la capacidad portante para la estabilización del suelo.

## V. DISCUSIÓN

Bueno y Torre (2019), En su investigación “Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar, Independencia, Huaraz – 2018”. Realizaron estudio de mecánica de suelos de las calicatas C-1, C-2 y C-3 para descartar cuál de estas presentan el índice de plasticidad alto. Según su resultado de la investigación fue realizado en el departamento de Áncash, provincia de Huaraz, distrito de independencia. tomaron la C-1 como patrón en donde presentaba un 11% de muestra natural en el índice de plasticidad de la cual decidieron agregar cenizas de carbón de 3%,5% y 10%, en donde se mostró que al agregar el 5% de C.C. se redujo el mayor porcentaje de 11% a 3% favorablemente, mientras ceniza agregado al 3% reduce levemente de 11% a 7%, de igual manera al agregar el 10% de ceniza reduce, pero no tanto de un 11% a 9% en el índice de plasticidad. En la asimilación de esta investigación ambos realizaron estudios similares de mecánica de suelos de límites de consistencia para determinar el índice de plasticidad del suelo estudiado, lo cual se compara del antecedente los resultados obtenidos son favorables al agregar las cenizas de carbón reducen el índice de plasticidad de 11% hasta un 3%. mientras en la presente investigación el resultado de la muestra natural no presenta ningún índice de plasticidad como se aprecia en la tabla 13 y la figura 18, pero al agregarle las cenizas de carbón de 8,12 y 18% varían notablemente su índice de plasticidad de un 0.00% hasta un 9.02%.

Morales (2015), En su investigación. “Valoración de las Cenizas de Carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas”. Realizó estudio de mecánica de suelos sobre el proctor modificado y luego descartar su máxima densidad seca de la muestra patrón tanto con la adición de cenizas de carbón 7%,14% y 21%. Donde la investigación se realizado en medellin-columbia, que al adicionar el 7% de ceniza en urrao poseía un 14.75 KN/m<sup>3</sup> de densidad seca como máximo y al agregarle un 21% de cenizas fue de 14.25 KN/m<sup>3</sup> de densidad seca como el valor más bajo. En tanto en el ensayo de arcilla la muestra patrón presento un 18.8 KN/m<sup>3</sup> de densidad seca como la más alta, pero en combinación de cenizas al 21% disminuye hasta un 16.5 KN/m<sup>3</sup>.de su máxima densidad seca. Así mismo para el ensayo de arenilla

como muestra patrón tuvo un 19.5 KN/m<sup>3</sup> de máxima densidad seca como el valor más alto, pero al agregarle ceniza de carbón al 21% disminuyó hasta 17.5 KN/m<sup>3</sup> como el valor más bajo en la máxima densidad seca al hacer ensayos de proctor modificado. Así mismo en la asimilación tanto para el antecedente y de esta investigación ambos realizaron estudio de mecánica de suelos similares como es en este caso ensayo de proctor modificado para determinar la máxima densidad seca tanto el contenido de humedad del suelo estudiado, lo cual se compara del antecedente los resultados obtenidos como para urrao de 14.75 KN/m<sup>3</sup> como máximo hasta un 14.25 KN/m<sup>3</sup> como mínimo, tanto para arcilla 18.8 KN/m<sup>3</sup> hasta 16.5 KN/m<sup>3</sup>, de igual para arenilla de 19.5 KN/m<sup>3</sup> hasta 17.5 KN/m<sup>3</sup> al agregar las cenizas de carbón reducen la máxima densidad seca tanto el contenido de humedad. Mientras en la presente investigación la muestra natural presenta 1.572 gr/cm<sup>3</sup> de máxima densidad seca y con un contenido de humedad al 22%, pero al agregarle las cenizas de carbón de 8, 12 y 18% varían notablemente hasta un 1.535 gr/cm<sup>3</sup> de densidad seca al igual el 21.8% de contenido de humedad al agregarle 18% de ceniza, así mismo al adicionar ceniza de carbón al 12% aumenta hasta un 1.556 gr/cm<sup>3</sup> de densidad seca pero no supera a la muestra patrón y en contenido de humedad siendo 22% al igual que la muestra patrón.

Ariza, Rojas y Romero (2016), En su investigación "Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante". donde la investigación fue realizada en bogota-columbia, Según sus resultados Hicieron estudio de mecánica de suelos sobre la capacidad portante del suelo CBR, tanto como para la muestra patrón y con adición de cenizas volantes al 30%, 35% y 40% en donde el estado natural del suelo en ensayo presentó un 1.31% en 1" y un 1.1% en 2" pulgadas. pero al adicionar un 35% de ceniza volante aumento favorablemente hasta un 16.9% en su capacidad de soporte del suelo en tanto al incorporar el 40% tiende a disminuir. Por lo tanto, en la asimilación de esta investigación ambos realizaron estudio de mecánica de suelos de CBR para determinar su capacidad portante del suelo estudiado, lo cual se contrasta del antecedente los resultados obtenidos son favorables al agregar las cenizas de carbón al 35% de ceniza volante aumenta 1.31% hasta un 16.9% en su capacidad soporte del suelo. mientras en la presente investigación la muestra natural presentó para un CBR de 95% un 3.46% y 4.06% para el CBR de 100%, pero al

agregarle las cenizas de carbón de 8,12 y 18% varia notablemente hasta un máximo de 5.32% para CBR de 95% un 6.5% para el CBR de 100% al momento de agregar el 12% de cenizas de carbón. en tanto al adicionar el 18% de ceniza disminuye hasta inferior de muestra patrón con un 3.18% y 3.89% para CBR de 95% y CBR de 100% en la capacidad portante del suelo.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye en esta investigación después de haber desarrollado el ensayo de límites de consistencia en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo en la trocha carrozable, que en los resultados de la muestra C-2 en límite líquido la muestra patrón no presenta ningún valor, pero al incorporar cenizas de carbón en porcentajes de 8,12 y 18% varían su porcentaje de L.L. desde 32.81% al agregarle el 8% de ceniza hasta un 34.6% al combinarlo 18% de ceniza de carbón. Así mismo en límite plástico la muestra patrón presenta un valor de 34.83% pero al adicionar la ceniza de carbón varían su porcentaje de L.P. desde 27.72% al agregarle el 12% de ceniza hasta un 25.58% al combinarlo el 18% de ceniza de carbón. Por lo tanto, el uso de cenizas de carbón influye notablemente en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo en la trocha carrozable.
2. De igual manera se concluyó que el desarrollo del ensayo de proctor modificado fue del método A, conjuntamente con el ASTM D-1557-91 para la máxima densidad seca en la estabilización del suelo en la trocha carrozable, de esta manera se desarrolló mediante el indicador de contenido de humedad. en donde la muestra natural presentó un 22% de óptimo contenido de humedad y un 1.572 gr/cm<sup>3</sup> de máxima densidad seca. Pero a medida que se le agregó ceniza de carbón al 8,12 y 18% varían notablemente su porcentaje desde 22% hasta un 21.8% de óptimo contenido de humedad al igual 1.556 gr/cm<sup>3</sup> hasta un 1.535 gr/cm<sup>3</sup> de máxima densidad seca. Por lo tanto, el uso de cenizas de carbón influye notablemente en el óptimo contenido de humedad tanto en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo en la trocha carrozable.
3. De la misma forma se concluye que se desarrolló el ensayo de CBR para la capacidad portante del suelo en la muestra C-2. en donde la muestra natural presenta un CBR 3.46% al 95% de M.D.S. y 4.06% de CBR al 100% de M.D.S. Pero a medida que se le agregó ceniza de carbón al 8%, varía notablemente el valor del resultado para la capacidad portante del suelo en un CBR 5.32% al 95% de M.D.S. y 6.5% de CBR al 100% de M.D.S. con una humedad óptima de 21.9% y en una máxima densidad seca de 1.553 gr/cm<sup>3</sup>. Por lo tanto, el uso de cenizas de carbón influye notablemente en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo en la trocha carrozable.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a investigación futuras extraer muestras de otras calicatas no superiores a 1 metro de profundidad, pero de la misma zona de estudio de esa manera hacer ensayos y saber si tiene la muestra IP. ya que otras investigaciones similares tuvieron resultados favorables al disminuir el índice de plasticidad de distintos suelos al incorporar las cenizas de carbón.
2. De igual manera se recomienda usar de cenizas carbón para un compactamiento óptimo de 18% de ceniza de carbón para la máxima densidad seca tanto como para contenido de humedad ya que este material redujo de 22% hasta 21.8% en OCH en este tipo de suelos. en esta investigación según los resultados obtenidos influyeron notablemente las cenizas de carbón, así mismo recomendamos realizar más ensayos de proctor modificado con cenizas de carbón en diferentes porcentajes.
3. De la misma forma se recomienda usar 8% de cenizas de carbón para la capacidad portante de este tipo de suelos, ya que los valores obtenidos de nuestra investigación arrugaron favorablemente con un CBR 5.32% al 95% de M.D.S. y 6.5% de CBR al 100% de M.D.S. con una humedad optima de 21.9% y en una máxima densidad seca de 1.553 gr/cm<sup>3</sup>. así mismo recomendamos realizar más ensayos de CBR con cenizas de carbón en diferentes porcentajes ya que también al agregar ceniza de carbón en 12% de la investigación el resultado fue favorable.

## REFERENCIAS

1. CAÑAR TIVIANO, Edwin. Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón [en línea]. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017. [fecha de consulta 01 de octubre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25266/1/Tesis%201115%20-%20Ca%C3%B1ar%20Tiviano%20Edwin%20Santiago.pdf>
2. MORALES ZULUAGA, Daniel. Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas. [en línea]. trabajo de grado (para optar el título profesional de ingeniero civil). Medellín: Universidad de Medellín, 2015. [Fecha de consulta 01 de octubre 2021]. Disponible en: <https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/1236/Valoraci%C3%B3n%20de%20las%20cenizas%20de%20carb%C3%B3n%20para%20la%20estabilizaci%C3%B3n%20de%20suelos%20mediante%20activaci%C3%B3n%20alcalina%20y%20su%20uso%20en%20v%C3%ADas%20no%20pavimentadas.pdf?sequence=1&isAllowed=>
3. ARIZA GÓMEZ, C. ROJAS NOVOA, C. ROMERO FUENTES, Y. Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante [en línea]. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad la Gran Colombia, 2016. [Fecha de consulta 01 de octubre 2021]. Disponible en: <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5529>
4. BUENO REGALADO, Jesús Antony y TORRE MAZA, Homaly Dayer. Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del pinar, independencia, huaraz-2018. [en línea]. tesis (para optar el título profesional de ingeniero civil). Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, 2019. [Fecha de consulta 01 de octubre 2021]. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40554/Bueno\\_RJ\\_A-Torre\\_MHD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40554/Bueno_RJ_A-Torre_MHD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
5. FALEN CHÁVEZ ARROYO, José y CUBAS BENAVIDES, Kevin. Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas [en línea]. Tesis para

- obtener el título de Ingeniero civil. Pimente: universidad Señor de Sipán, 2016. [fecha de consulta 01 de octubre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/3134>
6. GOÑAS LAVAJOS, Olger. Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada 2019. [en línea]. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Chachapoyas: universidad Nacional Toribio rodríguez de Mendoza de Amazonas, [Fecha de consulta 01 de octubre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1801>
  7. MISRA, Anil. Utilization of Western Coal Flay Ash in Construction of Hightways in the Midwest. University of Missouri, Kansas City. [en línea]. Mayo del 2000. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/15376>
  8. MELAT, Nesru. Comparison of wood ash and bagasse ash soil stabilization methods [en line] Master thesis in engineering in geotechnical engineering, Addis Ababa Science and Technology University, 2016 [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/199938889.pdf>
  9. JAMESJijo, BILLY Ebenezer, NAGARATHINAM Mahalakshmi, THANIYARASU Mohan, MADHU Jayapal. Beneficio puzolánico de las mezclas de cenizas volantes y de escoria de acero en el desarrollo de la resistencia a la compresión uniaxial del suelo estabilizado con cal. Revista facultad de ingeniería [en línea]. 2018, VOL. 27, n. 49, P, 7-21. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7019290.pdf>
  10. SOLÓRZANO, ZAMBRANO, VACCA y LARRAHONDO. Degradación del módulo resiliente, debida a residuos producto de combustión de carbón, en arcillas de baja plasticidad [en línea]. Revista ingeniería de construcción vol.34.Bogota,2019 ISSN 0718-5073 [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732019000300225&lang=en#B11](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732019000300225&lang=en#B11)
  11. OJEDA Omar, BALTAZAR Miguel, MENDOZA José. Influence of sugar cane bagasse ash inclusion on compacting CBR and unconfined compressive

strength of a subgrade granular material. revista 2018, VOL. 8 no.2 [En line] ISSN 2007-6835. 2016 [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en:

<https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/282>

12. HANIKUMAR, B. R., RAJU, Jagapathi y RAJU, Ramanjaneya. Silica fume stabilization of an expansive clay subgrade and the effect of silica fume-stabilised soil cushion on its CBR, Geomechanics and Geoengineering, Vol:2020. [En line] DOI: 10.1080/17486025.2019.1620348. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17486025.2019.1620348>
13. MARQUEZ SIGUAS, Betsy Madeleyne. Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones. 2014 [en línea]. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Pag.3.
14. SANTAELLA Valencia, Luz Elena. Caracterización física, química y mineralógica de las cenizas volantes. Ciencia e ingeniería neogranadina: Vol :10.2001 [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/33263>
15. CRESPO VILLALAS, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5ta.ed. Limusa: Instituto tecnológico de monterrey México, 2004.650pp. ISBN:9681864891. [en línea]. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf> Pag.18.
16. JUAREZ BADILLO, Eulalio y RICO RODRÍGUEZ, Alfonso. Fundamentos de la mecánica de suelos [en línea]. 1a.Ed. México: LIMUSA, 2005. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en:ISBN: 9681800699.Disponible en:[https://suelos.milaulas.com/pluginfile.php/128/mod\\_resource/content/1/Mecanica%20de%20suelos%20-%20Juarez%20Badillo.pdf](https://suelos.milaulas.com/pluginfile.php/128/mod_resource/content/1/Mecanica%20de%20suelos%20-%20Juarez%20Badillo.pdf) Pag.34 parr.3
17. CRESPO VILLALAS, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5ta.ed. Limusa: Instituto tecnológico de monterrey México, 2004.650pp. ISBN:9681864891. [en línea]. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021].

Disponible en: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf> Pag.22.

18. MANUAL DE CARRETERAS. Diseño geométrico DG-2013. [en línea]. Lima, Agosto: 2013. Dirección General de caminos y ferrocarriles. [Fecha consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/5101.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/5101.pdf) Pag.16.
19. MANUAL DE CARRETERAS. Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. [en línea]. Lima, Abril: 2014. Dirección General de caminos y ferrocarriles. [Fecha consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf) Pag.89.
20. GONZALES GUERRA. Ángel José Francisco. Estabilización mecánica de suelos cohesivos a través de la utilización de cal - ceniza volante. [en línea]. tesis (para optar el título profesional de ingeniero civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. [Fecha consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: [http://www.repositorio.usac.edu.gt/1044/1/08\\_3698\\_C.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/1044/1/08_3698_C.pdf) Pag.43.
21. MANUAL DE CARRETERAS. Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. [en línea]. Lima, Abril: 2014. Dirección General de caminos y ferrocarriles. [Fecha consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf) Pag.44.
22. MANUAL DE CARRETERAS. Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. [en línea]. Lima, Abril: 2014. Dirección General de caminos y ferrocarriles. [Fecha consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf) Pag.67.
23. MANUAL DE CARRETERAS. Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. [en línea]. Lima, Abril: 2014. Dirección General de caminos y ferrocarriles. [Fecha consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf) Pag.72.

24. MANUAL DE CARRETERAS. Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. [en línea]. Lima, Abril: 2014. Dirección General de caminos y ferrocarriles. [Fecha consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf) Pag.105.
25. MANUAL DE CARRETERAS. Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. [en línea]. Lima, Abril: 2014. Dirección General de caminos y ferrocarriles. [Fecha consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf) Pag.248.
26. MUÑOZ ROCHA, Carlos. Metodología de la investigación México, 2016. [En línea]. [fecha de consulta 01 octubre 2021] 1ra edición. ISBN: 9786074265422. Disponible en: <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/08/56-Metodologia-de-la-investigacion-Carlos-I.-Munoz-Rocha.pdf>
27. BERNAL, César. Metodología de la investigación. Colombia, 2010. [En línea]. [fecha de consulta 01 octubre 2021] 3ra edición. ISBN: 978-958-699-128-5 Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/EI-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf> Pag.154.
28. HERNANDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. México, 2003. [En línea]. [fecha de consulta 01 octubre 2021] 6ta edición. ISBN: 978-1-4562-2396-0 Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf> Pag.4.
29. MARQUEZ SIGUAS, Betsy Madeleyne. Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones. 2014 [en línea]. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Pag.3.
30. MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras 2da edición. Colombia, 2002. ISBN 958-96036-2-9 [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible

en:<https://samustuto.files.wordpress.com/2014/09/ingenieric3ada-de-pavimentos-para-carreteras-tomo-i-ed-3ra-alfonso-montejo-fonseca.pdf>

Pag.77.

31. ÑAUPAS, Humberto. [et al.]. Metodología de la investigación 4ta edición. Colombia, 2014. ISBN 978-958-762-188-4 [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en:<https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/03/Metodologia-de-la-investigacion-Naupas-Humberto.pdf>
32. OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. Int. J. Morphol., 35(1):227-232. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en:<https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
33. ÑAUPAS, Humberto. [et al.]. Metodología de la investigación 4ta edición. Colombia, 2014. ISBN 978-958-762-188-4 [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en:<https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/03/Metodologia-de-la-investigacion-Naupas-Humberto.pdf>
34. BEHAR RIVERO, Daniel salomón. Metodología de la investigación. [en línea]. 1ª. ed. Shalom, 2008. [Fecha en consulta 01 octubre 2021]. ISBN:9789592127837. Disponible en:<https://es.calameo.com/read/004416166f1d9df980e62> Pag.55 parr.2
35. BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación. mexico,2017. [En línea]. [fecha de consulta 01 octubre 2021] 3ra edición. ISBN:978-607-744-748-1. Disponible en:[http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)
36. TAHERDOOST, Hamed. Validez y Fiabilidad del Instrumento de Investigación; Cómo probar la validación de un Cuestionario / encuesta en una investigación. Revista Internacional de Investigación Académica en Gestión,2016, Vol. 5, No. 3, 28-36. pág. 28-36 [En line] ISSN: 2296-1747. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en:[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3205040](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3205040)

37. LÓPEZ Galparsoro, PITA Fernández. Medidas de concordancia: el índice de Kappa. España,2001 [En línea]. [fecha de consulta 01 octubre 2021]. Disponible en: <https://fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa2.pdf>
38. KASSU, Sileyew. Diseño y metodología de la investigación. 2019 [En línea]. DOI: 10.5772/intechopen.8573. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/68505>
39. DEAN Gerstein, DUNCAN Luce, NEIL Smelser y SONJA Sperlich. Ciencias Sociales y del Comportamiento: Logros y oportunidades. (1988) Washington, DC: The National Academies Press. [En línea]. ISBN 978-0-309-03749-5. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546484/pdf/Bookshelf\\_NBK546484.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546484/pdf/Bookshelf_NBK546484.pdf)
40. SALAZAR, María, ICASA, María, ALEJO, Oscar. La importancia de la ética en la investigación. Revista Universidad y Sociedad, 2018, vol. 10, no 1, [En line] ISSN 2218 - 3620. [Fecha de consulta 04 de octubre 2021]. Disponible en:[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202018000100305](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000100305)

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de Operacionalización de las variables

TÍTULO : “Uso de Cenizas de Carbón para la Estabilización del suelo en la Trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021”

AUTOR : Carrasco Lapa, Mayker David

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGIA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Cenizas de carbon	<b>Cenizas de carbón</b> son un conjunto de partículas finas que estas al degradarse una vez del carbón usado se convierten en polvos, similares como el de cemento o el cal. de esta manera se consigue al carbonizar de la materia orgánica en una utilidad cualquiera” (Márquez, 2014, p. 3).	En el desarrollo se le aplico una combinación de cenizas de carbon en diferentes porcentajes y de esa manera se supo sus influencias de las cenizas.	Dosificación de cenizas de carbon	cenizas de carbon al 8%	Razon	<b>Tipo :</b> Aplicada  <b>Diseño :</b> Cuasi - experimental  <b>Nivel :</b> Explicativa <b>Enfoque :</b> Cuantitativo  <b>Poblacion :</b> Toda la trocha carrozable.  <b>Muestra :</b> 2 km de la trocha carrozable (2 calicatas).  <b>Muestreo :</b> No probabilístico <b>Tecnica :</b> observacion directa  <b>Intrumento :</b> Fichas de recolecion de datos
				cenizas de carbon al 12%	Razon	
				cenizas de carbon al 18%	Razon	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Estabilizacion del suelo	<b>Estabilización:</b> [...] “Es un proceso donde son sometidos el suelo natural a mejorar sus cualidades donde el objetivo es incrementar la resistencia y disminuir su plasticidad de esta manera incrementar la estabilidad del suelo” (Montejo,2002, p.77).	El proceso del ensayo en el laboratorio se usaron los instrumentos y estas se desarrollaron de acuerdo a las dimensiones e indicadores identificados como es este caso del índice de plasticidad, densidad seca y capacidad portante de un suelo en la trocha carrozable.	Índice de plasticidad	Limite líquido	Razon	
				Limite plástico	Razon	
			maxima densidad seca	Contenido de humedad	Razon	
			Capacidad portante del suelo	CBR	Razon	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2: Matriz de Consistencia

TÍTULO : "Uso de Cenizas de Carbón para la Estabilización del suelo en la Trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021"

AUTOR : Carrasco Lapa, Mayker David

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>V.INDEPENDIENTE</b>	CENIZAS DE CARBON	Dosificación de Cenizas de Carbon	cenizas de carbon al 8%	Ficha de recoleccion de datos
¿ En cuanto influye el uso de cenizas de carbón en la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021?	Evaluar la influencia del uso de cenizas de carbón para la estabilizacion del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021.	El uso de cenizas de carbón influye notablemente para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampa hura Apurímac, 2021.				cenizas de carbon al 12%	
<b>PROBLEMA ESPECIFICOS</b>	<b>OBJETIVO ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICOS</b>				cenizas de carbon al 18%	
¿En cuanto influye el uso de cenizas de carbón en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021?	Determinar la influencia del uso de cenizas de carbón en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021.	El uso de cenizas de carbón varia notablemente en el índice de plasticidad para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021.	<b>V.DEPENDIENTE</b>	ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE	Indice de Plasticidad	Limite liquido	Ficha de resultados de laboratorio (Límites de consistencia)
¿En cuanto influye el uso de cenizas de carbón en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021?	Determinar la influencia del uso de cenizas de carbón en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021.	El uso de cenizas de carbón varia notablemente en la máxima densidad seca para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021.				Limite plastico	
¿En cuanto influye el uso de cenizas de carbón en la capacidad portante para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021?	Determinar la influencia del uso de cenizas de carbón en la capacidad portante para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021.	El uso de cenizas de carbón varia notablemente en la capacidad portante para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampa hura Apurímac, 2021.			Maxima Densidad Seca	Contenido de humedad	Ficha de resultados de laboratorio(Proctor modificado )
			Capacidad Portante del Suelo	CBR	Ficha de resultados de laboratorio (CBR California bearing ratio)		

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 3: Instrumentos de recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

#### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

(Dosificación de cenizas de carbón)

“Uso de Cenizas de Carbón para la Estabilización del suelo en la Trocha Carrozable de Pampahura Apurímac, 2021”

Fecha: 05/10/2021

Numero de ficha: .....

#### Parte A: Datos generales

##### Ubicación geográfica:

Departamento: Apurímac, Provincia: Andahuaylas, Distrito: Huancarama,  
Localidad: pampahura.

#### Parte B: Dosificación de cenizas de carbón

Cenizas de carbón al 8%
Cenizas de carbón al 12%
Cenizas de carbón al 18%

#### Apellidos y nombre(s) del juez evaluador:

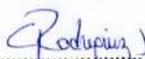
RODRIGUEZ SOLIS CARMEN BEATRIZ

Especialista: Metodólogo [ ] Temático [X]

Grado: Maestro [X] Doctor [ ]

Título profesional: INGENIERA CIVIL

N° de registro CIP: 50202

  
CARMEN BEATRIZ  
RODRIGUEZ SOLIS  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 50202  
Firma y Sello



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

(Dosificación de cenizas de carbón)

“Uso de Cenizas de Carbón para la Estabilización del suelo en la Trocha Carrozable de Pampahura Apurímac, 2021”

Numero de ficha: 02

Parte A: Datos generales

Ubicación geográfica:

Departamento: Apurímac, Provincia: Andahuaylas, Distrito: Huancarama,  
Localidad: pampahura.

Parte B: Dosificación de cenizas de carbón

Cenizas de carbón al 8%
Cenizas de carbón al 12%
Cenizas de carbón al 18%

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador:

Herrera Gamara Zayda

Especialista: Metodólogo [ ] Temático [x]

Grado: Maestro [x] Doctor [ ]

Título profesional: Ingeniera Civil

N° de registro CIP: 226 155




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

(Dosificación de cenizas de carbón)

“Uso de Cenizas de Carbón para la Estabilización del suelo en la Trocha Carrozable de Pampahura Apurímac, 2021”

Numero de ficha: 03

Parte A: Datos generales

Ubicación geográfica:

Departamento: Apurímac, Provincia: Andahuaylas, Distrito: Huancarama, Localidad: pampahura.

Parte B: Dosificación de cenizas de carbón

Cenizas de carbón al 8%
Cenizas de carbón al 12%
Cenizas de carbón al 18%

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador:

Husni Gamero Kenny

Especialista: Metodólogo [ ] Temático [x]

Grado: Maestro [x] Doctor [ ]

Título profesional: INGENIERO CIVIL

N° de registro CIP: 130033



Husni Gamero Kenny  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 130033

Firma y Sello

## ANEXO 4: Validez de instrumentos por juicio de expertos



### FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

#### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

##### VALIDACIÓN POR EXPERTOS

“Uso de Cenizas de Carbón para la Estabilización del suelo en la Trocha Carrozable de Pampahura Apurímac, 2021”

##### Parte A: Datos del experto

- Apellidos y Nombres : RODRIGUEZ SOLIS CARMEN BEATRIZ
- Grado académico : MAESTRO
- Título profesional : INGENIERIA CIVIL
- N° de registro CIP : 50202

##### Parte B: Aspectos a considerar

##### Puntuación

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una “X” la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

(0) = En desacuerdo

(1) = De acuerdo

##### Validez

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

##### Especificaciones

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

**Parte C: Validación**

Validez	Pregunta	Puntuación		Observaciones	
		0	1		
De contenido	1	¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?		1	
	2	¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?		1	
	3	¿EL número de dimensiones es adecuado?		1	
	4	¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?		1	
	5	¿Las hipótesis planteadas se contrastarán con la información recolectada en los instrumentos?		1	
De constructo	6	¿El número de indicadores es adecuado?		1	
	7	No existe ambigüedad en los indicadores		1	
	8	¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?		1	
	9	¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?		1	
	10	¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?		1	
	11	¿Los indicadores son medibles?		1	
De criterio	12	¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?		1	
	13	¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?		1	
	14	¿La secuencia planteada es adecuada?		1	
	15	No es necesario considerar otros campos		1	
<b>Total</b>				<b>15</b>	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ ] Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: RODRIGUEZ SOLIS CARMEN BEATRIZ

Especialista: Metodólogo [ ] Temático [x]

Grado: Maestro [x] Doctor [ ]

Título profesional: INGENIERA CIVIL

N° de registro CIP: 50202

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Carmen Beatriz  
 CARMEN BEATRIZ  
 RODRIGUEZ SOLIS  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 50202



## FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

#### VALIDACIÓN POR EXPERTOS

“Uso de Cenizas de Carbón para la Estabilización del suelo en la Trocha Carrozable de Pampahura Apurímac, 2021”

#### Parte A: Datos del experto

- Apellidos y Nombres : Huamani Gamarra Zayda
- Grado académico : Maestra
- Título profesional : Ingeniera Civil
- N° de registro CIP : 226155

#### Parte B: Aspectos a considerar

##### Puntuación

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una "X" la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

(0) = En desacuerdo

(1) = De acuerdo

##### Validez

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

##### Especificaciones

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

Zayda Huamani Gamarra  
Ingeniera Civil  
CIP 226155

Parte C: Validación

Validez	Pregunta		Puntuación		Observaciones
			0	1	
De contenido	1	¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?		1	
	2	¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?		1	
	3	¿El número de dimensiones es adecuado?		1	
	4	¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?		1	
	5	¿Las hipótesis planteadas se contrastarán con la información recolectada en los instrumentos?		1	
De constructo	6	¿El número de indicadores es adecuado?		1	
	7	No existe ambigüedad en los indicadores		1	
	8	¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?		1	
	9	¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?		1	
	10	¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?		1	
	11	¿Los indicadores son medibles?		1	
De criterio	12	¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?		1	
	13	¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?		1	
	14	¿La secuencia planteada es adecuada?		1	
	15	No es necesario considerar otros campos		1	
Total				15	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicabil [ ] Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Huamán Guzmán Zorzo

Especialista: Metodólogo [ ] Temático [x]

Grado: Maestro [x] Doctor [ ]

Título profesional: Ingeniera Civil

Nº de registro CIP: 226155

Nota: Suficiencia, es decir suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión





## FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

#### VALIDACIÓN POR EXPERTOS

“Uso de Cenizas de Carbón para la Estabilización del suelo en la Trocha Carrozable de Pampahura Apurímac, 2021”

#### Parte A: Datos del experto

- Apellidos y Nombres : Juan M. GARCERA KERRY
- Grado académico : MAGISTER
- Título profesional : INGENIERO CIVIL
- N° de registro CIP : 130833

#### Parte B: Aspectos a considerar

##### Puntuación

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una "X" la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

(0) = En desacuerdo

(1) = De acuerdo

##### Validez

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

##### Especificaciones

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

Juan M. GARCERA KERRY  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 130833

### Parte C: Validación

Validez	Pregunta	Puntuación		Observaciones
		0	1	
De contenido	1		1	
	2		1	
	3		1	
	4		1	
	5		1	
De constructo	6		1	
	7		1	
	8		1	
	9		1	
	10		1	
	11		1	
De criterio	12		1	
	13		1	
	14		1	
	15		1	
Total			15	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ ] Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: HUACHO GARCIA KENNY

Especialista: Metodológico [ ] Temático [x]

Grado: Maestro [x] Doctor [ ]

Título profesional: INGENIERO CIVIL

N° de registro CIP: 170023

Nota: Suficiencia, es tipo suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



## ANEXO 5: Normativa



### MTC E 107

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

##### 1.0 OBJETO

1.1 Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo.

##### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 mm (N° 200).

2.2 Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

##### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.

##### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

###### 4.1 EQUIPOS

4.1.1 Dos balanzas, una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,750 mm (N° 4). Otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,750 mm (N° 4).

4.1.2 Estufa. Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de  $110 \pm 5$  °C.

###### 4.2 MATERIALES

4.2.2 Tamices de malla cuadrada. Incluyen los siguientes:

TAMICES	ABERTURA (mm)
1"	75,000
3"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
5/8"	9,500
N° 4	4,750
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,250
N° 100	0,150
N° 200	0,075

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes tamices de malla cuadrada:

TAMICES	ABERTURA (mm)
1"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
5/8"	9,500
N° 4	4,750
N° 8	2,360
N° 15	1,100
N° 30	0,590
N° 60	0,297
N° 120	0,149
N° 200	0,075



- 4.2.3 Envases. Adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- 4.2.4 Cepillo y brocha. Para limpiar las mallas de los tamices.

## 5.0 MUESTRA

- 5.1 Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.
- 5.2 Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,750 mm (Nº 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.
- 5.3 El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:
  - 5.3.1 Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,750 mm (Nº 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1:

Tabla 1

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

- 5.3.2 El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,750 mm (Nº 4) será aproximadamente de 115 g para suelos arenosos y de 55 g para suelos arcillosos y limosos.
  - 5.4 En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,750 mm (Nº 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,750 mm (Nº 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral 4.1.1.
    - 5.4.1 Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,750 mm (Nº 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,750 mm (Nº 4).
- ## 6.0 PROCEDIMIENTO
- 6.1 ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,750 mm (Nº 4).
    - 6.1.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,750 mm (Nº 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:



TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
5/8"	15,900
Nº 4	4,750

O los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

- 6.1.2 En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recomiéndase circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuando no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apresadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunirlos con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente, el resultado se puede verificar usando el método manual.

- 6.1.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1 %.

## 6.2 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA FRACCION FINA

- 6.2.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,750 mm (Nº 4), se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.

- 6.2.2 Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegran con facilidad, se podrán tamizar en seco.

- 6.2.3 Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.

- 6.2.4 Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver Modo Operativo MTC E 109-2009.

- 6.2.5 Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiere.

- 6.2.6 La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

- 6.2.7 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

- 6.2.8 Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándose con exactitud de 0,01 g.

- 6.2.9 Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C. Se pesan de nuevo y se arrojan los pesos.

- 6.2.10 Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.

- 6.2.11 Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.



6.2.12 Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C y se pesa.

6.2.13 Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones 5.1.2 y 5.1.3.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

7.1.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.1.1 Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

7.1.1.2 Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 0,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), el peso de la fracción que pasa el tamiz de 0,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (Nº 4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.

7.1.1.3 Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

7.1.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.2.1 Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (Nº 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.2 Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.3 Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

7.1.2.4 Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica es como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

- W = Peso de suelo secado al aire
- W<sub>1</sub> = Peso de suelo secado en el horno

### 7.2 INFORME

7.2.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- a) El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.
- b) Los porcentajes retenidos y los que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.
- c) Toda información que se juzgue de interés.

Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica, siendo esta última forma la indicada cada vez que el análisis comprende un ensayo completo de sedimentación.



Las pequeñas diferencias resultantes en el empate de las curvas obtenidas por tamizado y por sedimento, respectivamente, se corregirán en forma gráfica.

7.2.2 Las siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.

- a) Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra debe ser disgregada antes del tamizado.
- b) Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar eso, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.
- c) Los tamices han sido agitados por un periodo demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él.
- d) La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada.
- e) Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.
- f) Errores en las pesadas y en los cálculos.



## MTC E 110

### DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

**Discusión:** Se considera que la resistencia al corte no drenada del suelo en el límite líquido es de 2 kPa (0,28 psi).

- 1.2 El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en Ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos véase anexos de clasificación de este manual. (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactabilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.
- 2.2 Los límites líquido y plástico de un suelo pueden utilizarse con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad.
- 2.3 Frecuentemente se utilizan tres métodos para evaluar las características de intemperización de materiales compuestos por arcilla-lútila. Cuando se someten a ciclos repetidos de humedecimiento y secado, los límites de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibilidad de la lutita a la intemperización.
- 2.4 El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 139.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

#### 4.0 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.

- 4.1.3 Aparato del límite líquido (o de Casagrande).

De operación manual. Es un aparato consistente en una taca de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.

De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes, Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.

- 4.1.4 Acanalador. Conforme con las dimensiones críticas indicadas en la figura 1.



- 4.1.5 Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de  $10,00 \pm 0,2$  mm ( $0,394 \pm 0,008$ " ) de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- 4.1.6 Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambia con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- 4.1.7 Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- 4.1.8 Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  para secar la muestra.

## 4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.

## 4.3 INSUMOS

- 4.3.1 Pureza del agua: Cuando este método de ensayo sea referida agua destilada, puede emplearse agua destilada o agua desmineralizada.

## 5.0 MUESTRA

- 5.1 Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz 425  $\mu\text{m}$  (Nº 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

### Multipunto

- 6.1 Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible. Mantener el suelo no usado en el plato de mezclado. Cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra.

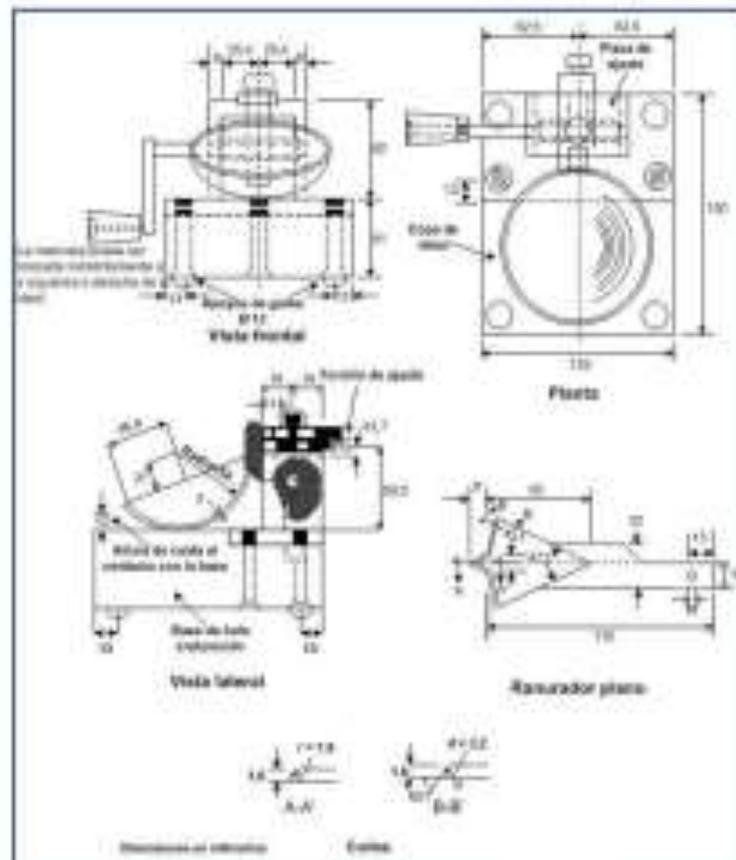


Figura 1: Aparato manual para límite líquido



- 6.1 Utilizando el acanalador, dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa. Cuando se corte la ranura, mantener el acanalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento. En los suelos en los que no se puede hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrar el suelo, cortar la ranura con varias pasadas del acanalador. Como alternativa, puede cortarse la ranura a dimensiones ligeramente menores que las requeridas, con una espátula y usar la del acanalador las dimensiones finales de la ranura.
- 6.2 Verificar que no existen restos de suelo por debajo de la copa. Levantar y soltar la copa dando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg).
 

**Nota1.** Se recomienda el uso de una regla graduada para verificar que la ranura se cerró en 13 mm (1/2 pulg).
- 6.3 Verificar que no se haya producido el cierre prematuro de la ranura debido a burbujas de aire, observando que ambos lados de la ranura se hayan desplazado en conjunto aproximadamente con



la misma forma. Si una burbuja hubiera causado el cierre prematuro de la ranura, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para compensar la pérdida en la operación de ranuración y repetir de 6.1 a 6.3 a un contenido más elevado. Si luego de varias pruebas a contenidos de humedad sucesivamente más altos, la pasta de suelo se sigue deslizando en la copa o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se registrará que el límite no pudo determinarse, y se reportará al suelo como no plástico en realizar el ensayo de límite plástico.

- 6.4 Registrar el número de golpes,  $N$ , necesario para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- 6.5 Regresar el suelo remanente en la copa al plato de mezclado. Lavar y secar la copa y el acañalador y fijar la copa nuevamente a su soporte como preparación para la siguiente prueba.
- 6.6 Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Repetir de 6.1 a 6.6 para al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura. Una de estas pruebas se realizará para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- 6.7 Determinar el contenido de humedad,  $W^*$ , del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. Las pesas iniciales deben determinarse inmediatamente después de terminar el ensayo. Si el ensayo se interrumpe por más de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de la interrupción.

#### Un punto

- 6.8 El ensayo se efectúa en la misma

#### 7.0 CÁLCULOS

##### (Multipunto)

- 7.1 Representar la relación entre el contenido de humedad,  $W^*$ , y el número de golpes correspondientes,  $N$ , de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.
- 7.2 Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido.

##### (Un punto)

- 7.3 Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^* \left( \frac{N}{25} \right)^{K+1} \quad \text{o} \quad LL = KW^*$$

Donde:

- $N$  = Número de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,
- $W^*$  = Contenido de humedad del suelo,
- $K$  = factor dado en la tabla A.1.



Tabla A -1

N (Numero de golpes)	K (Factor para limite liquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 1  
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
<b>Precisión de un operador simple</b>		
Límite Líquido	0,8	2,4
<b>Precisión Multilaboratorio</b>		
Límite Líquido	3,5	9,9

## 8.0 PRECISIÓN Y DISPERSIÓN

### 8.1 PRECISIÓN

8.1.1 El criterio para aceptar la aceptación de los resultados de los ensayos de límite líquido obtenido por este método de ensayo.

### 8.2 DISPERSIÓN

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.



## MTC E 111

### DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse territas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas territas se desmoronen.
- 2.2 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extenso uso, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactabilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.
- 2.3 Los límites de un suelo pueden utilizarse con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

#### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES E INSUMOS

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- 4.1.2 Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- 4.1.3 Balanza, con aproximación a 0,01 g.
- 4.1.4 Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a  $110 \pm 5$  °C.
- 4.1.5 Tamiz, de 425 µm (N° 40).
- 4.1.6 Agua destilada.
- 4.1.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- 4.1.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

##### 5.0 MUESTRA

- 5.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 425 mm (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- 5.2 El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- 5.3 Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe formarse en una etapa del proceso de amasado.



en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 Se moldea la mitad de la muestra en forma de alipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

6.2 Si antes de llegar al cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una alipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

6.3 Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de secado con la norma MTC E 108.

6.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 6.1, 6.2 y 6.3.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

Tabla 1  
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
<b>Precisión de un operador simple</b>		
Límite Plástico	0,9	2,6
<b>Precisión Multilaboratorio</b>		
Límite Plástico	3,7	10,5

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

### 7.2 CALCULOS DE INDICE DE PLASTICIDAD

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Donde:

- L.L. = Límite líquido
- L.P. = Límite plástico
- L.L. y L.P., son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).



## **8.0 PRECISION Y DISPERSION**

### **8.1 PRECISION**

8.1.1 El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Plástico obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

### **8.2 DISPERSION**

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.



## MTC E 115

### COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pañal de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

**Nota 1.** Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

**Nota 2.** El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado.

- 2.2 Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾ pulg).

**Nota 3.** Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 19,0 mm (¾ pulg) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción que pasó la malla de 19,0 mm (¾ pulg), ver ensayo ASTM D 4718.

- 2.3 Se proporcione 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

#### 2.3.1 METODO "A"

- 2.3.1.1 Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)

- 2.3.1.2 Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).

- 2.3.1.3 Número de capas: 5

- 2.3.1.4 Golpes por capa: 25

- 2.3.1.5 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).

- 2.3.1.6 Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

#### 2.3.2 METODO "B"

- 2.3.2.1 Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.

- 2.3.2.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (¾ pulg).

- 2.3.2.3 Número de Capas: 5

- 2.3.2.4 Golpes por capa: 25

- 2.3.2.5 Uso: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg).

2.3.2.6 Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

### 2.3.3 METODO "C"

2.3.3.1 Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.

2.3.3.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.3 Número de Capas: 5

2.3.3.4 Golpes por Capa: 56

2.3.3.5 Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.6 El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

**Nota 4.** Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

2.4 Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de un tamaño (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso Unitario y Contenido de Agua del espécimen de ensayo ó la densidad de campo apropiada usando el método de ensayo ASTM D 4718.

2.5 Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método de ensayo se utiliza para suelos que drenan libremente, no se definirá bien el Peso Unitario Seco máximo y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D 4253 (NTP 139.137).

2.6 Los valores de las unidades del SI son reconocidos como estándar. Los valores establecidos por las unidades de pulgadas-libras son proporcionados sólo como información.

2.6.1 En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ( $F = M \cdot a$ ). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravitométrico. Científicamente, no se deben combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravitométrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lb. m) es por conveniencia de unidades y no intente establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E 380. El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pt<sup>3</sup> no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

2.7 Este método de ensayo no hace referencia a todos los riesgos relacionados con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas o pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

2.8 El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenas, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

2.9 Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad ( $w_o$ ) y el Peso Unitario Seco máximo ( $\gamma_{max}$ ) mediante un ensayo de



compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_u$ ) ó el óptimo ( $w_o$ ) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ( $\gamma_{max}$ ). La selección del contenido de agua ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_u$ ) ó el óptimo ( $w_o$ ), y el Peso Unitario Seco ( $\gamma_{max}$ ) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1.1 NTP 339.141: Soetas. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>2</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>2</sup>)).
- 3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m<sup>2</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>2</sup>)).

### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

#### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Ensamblaje del Molde.- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 4.1.1.1 ó 4.1.1.2 de este ensayo y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de 16,7 mm/m (0,200 pulg/pie) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y construídos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos 50,8 mm (2,0 pulg) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 19,0 mm (0,75 pulg), por debajo de ésta.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahusada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

- 4.1.1.1 Molde de 4 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 101,6  $\pm$  0,4 mm (4,000  $\pm$  0,016 pulg) de diámetro interior, una altura de 116,4  $\pm$  0,5 mm (4,584  $\pm$  0,018 pulg) y un volumen de 944  $\pm$  14 cm<sup>3</sup> (0,0333  $\pm$  0,0005 pie<sup>3</sup>). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.
- 4.1.1.2 Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 152,4  $\pm$  0,7 mm (6,000  $\pm$  0,026 pulg) de diámetro interior, una altura de: 116,4  $\pm$  0,5mm (4,584  $\pm$  0,018 pulg) y un volumen de 2 124  $\pm$  25 cm<sup>3</sup> (0,075  $\pm$  0,0009 pie<sup>3</sup>). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig. 2.
- 4.1.2 Pañón ó Martillo.- Un pañón operado manualmente como el descrito en 4.1.2.1 de este ensayo ó mecánicamente como el descrito en 4.1.2.2 de este ensayo. El pañón debe caer libremente a una distancia de 457,2  $\pm$  1,6 mm (18  $\pm$  0,05 pulg) de la superficie de espécimen. La masa del pañón será 4,54  $\pm$  0,01 kg (10  $\pm$  0,02 lb-m), salvo que la masa pañón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D 3168 (ver Nota 5). La cara del pañón que golpea deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 4.1.2.3 de este ensayo con un diámetro de 50,80  $\pm$  0,13 mm (2,000  $\pm$  0,005 pulg), (Figuras 1 y 2). El pañón deberá ser reemplazado si la cara que golpea se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los 50,800  $\pm$  0,25 mm (2,000  $\pm$  0,01 pulg).

**Nota 5.** Es práctica común y aceptable en el Sistema de libras-pulgadas asumir que la masa del pañón es igual a su masa determinada utilizado sea una balanza en kilogramos ó libras, y una libra-fuerza es igual a 1 libra-masa ó 0,4536 kg ó 1N es igual a 0,2248 libras-masa ó 0,1020 kg.

- 4.1.2.1 Pañón Manual.- El pañón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pañón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de 19,0  $\pm$  1,6 mm



( $1/16 \pm 1/32$  pulg) y espaciados a 90°. Los diámetros mínimos de cada orificio de ventilación deben ser 9,5 mm ( $3/8$  pulg). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

- 4.1.2.2 **Pisón Mecánico Circular.**- El pisón puede ser operado mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen. Debe haber  $2,5 \pm 0,8$  mm ( $0,10 \pm 0,03$  pulg) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D 2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no está en operación.
- 4.1.2.3 **Pisón Mecánico.**- Cuando es usado un molde de 152,4mm (6,0 pulg), un sector de la cara del pisón se debe utilizar en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a  $73,7 \pm 0,5$ mm ( $2,90 \pm 0,02$  pulg). El pisón se operará de tal manera que los orificios del sector se usen en el centro del espécimen.
- 4.1.3 **Extractor de Muestras (opcional).**- Puede ser una gafa, estructura u otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.
- 4.1.4 **Balanza.**- Una balanza de tipo GPS que reúna los requisitos de la especificación ASTM D 4753, para una aproximación de 1 gramo.
- 4.1.5 **Horno de Secado.**- Con control termostático preferentemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C a través de la cámara de secado.

## 4.2 MATERIALES

- 4.2.1 **Regla.**- Una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de  $\pm 0,1$  mm ( $\pm 0,005$  pulg). El fondo de amastre debe ser lisado si es más grueso que 3 mm ( $1/8$  pulg).
- 4.2.2 **Tamices ó Mallas.**- De 19,0 mm ( $3/4$  pulg), 9,5 mm ( $3/8$  pulg) y 4,75mm (Nº 4), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11.
- 4.2.3 **Herramientas de Mezcla.**- Diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

## 5.0 MUESTRA

- 5.1 La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el Método C es aproximadamente 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.
- 5.2 Determinar el porcentaje de material retenido en la malla 4,75mm (Nº 4), 9,5mm ( $3/8$  pulg) ó 19,0mm ( $3/4$  pulg) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pesan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (NTP 339.128 ó ASTM C 136). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información que se desea.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

### 6.1 PREPARACION DE APARATOS

- 6.1.1 Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación a 1 gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.
- 6.1.2 Revisar que el ensamblado del pisón está en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesaria. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.

6.1.3 Calibración de los siguientes aparatos antes del uso inicial, después de reparaciones u otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1 000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.

- a) Balanza.- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D 4753 (Especificaciones, Evaluación, Selección y Elección de Balanzas y Escalas para uso muestras de suelos y rocas.)
- b) Molds.- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.
- c) Piñón Manual.- Verifique la distancia de caída libre, masa del piñón y la cara del piñón de acuerdo con 4.1.3 de este ensayo. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 4.1.2.1 de este ensayo.
- d) Piñón Mecánico.- Calibre y ajuste el piñón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo ASTM D 2168 (Calibración de Piñón Mecánico de Compactación de Suelos en Laboratorio) Además, el espacio libre entre el piñón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a 4.1.2.3 de este ensayo.

## 6.2 PREPARACION DEL ENSAYO

### 6.2.1 SUELOS

6.2.1.1 No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.

6.2.1.2 Utilice el método de preparación húmedo y cuando se ensaye con suelos que contienen halocita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, (ver 6.2.2 de este ensayo).

6.2.1.3 Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 6.2.2 (de preferencia) o con 6.2.3 de este ensayo.

### 6.2.2 METODO DE PREPARACION HUMEDA (PREFERIBLE)

6.2.2.1 Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz 4,75mm (Nº 4); 9,5mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.

6.2.2.2 Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla (ver Nota 6). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación del peso seco unitario (ver 7.1.1 de este ensayo). Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.

**Nota 6.** Con la práctica es posible juzgar visualmente un punto cercano al óptimo contenido de agua. Generalmente, el suelo en un óptimo contenido de agua puede ser comprimido y quedar así cuando la presión manual cesa, pero se quebrará en dos secciones cuando es doblada. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tienden a desintegrarse; del lado húmedo del óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. El óptimo contenido de humedad frecuentemente es ligeramente menor que el límite plástico.

6.2.2.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 5,9 kg (13 lbm) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 6.2.2.2 de este ensayo, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 50°C (140°F).



Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del contenido de agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla N°1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado o seleccionado mediante el método de ensayo NTP 339.134, la práctica ASTM D 2488 o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método de ensayo NTP 339.134 (ASTM D 2487)

### 6.2.3 MÉTODO DE PREPARACION EN SECO

6.2.3.1 Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 60 °C. Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar quebrar las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: 4,75 mm (N°4); 9,5 mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla ¾ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

6.2.3.2 Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes de acuerdo con 6.2.2.2.

6.2.3.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 libras) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 5,9 kg (13 libras) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en 6.2.2.2 de este ensayo. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 6.2.2.3 de este ensayo para los suelos secos ó adicionar agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.

6.2.4 Compactación.- Después del curado, si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:

6.2.4.1 Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.

6.2.4.2 Ensamblar y asegurar el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 91 kg (200 libras). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de unión al cimiento rígido deberá permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.

6.2.4.3 Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 5 mm (2 pulg) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo ó otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá 6 mm (¼ pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de 6 mm (¼ pulg) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.

6.2.4.4 Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 101,6 mm (4 pulg) ó 56 golpes para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas).

**Nota 7.** Cuando los especímenes de compactación se humedecen más que el contenido de agua óptimo, pueden producirse superficies compactadas irregulares y se requerirá del juicio del operador para la altura promedio del espécimen.

- 6.2.4.5 Al operar el plato manual del plato, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el plato sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.
- 6.2.4.6 Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 6.2.4.7 de este ensayo. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soñando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.
- 6.2.4.7 Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones anteriores en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el anexo A1 (A.1.4.1 de este ensayo).
- 6.2.4.8 Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.
- 6.2.4.9 Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quítralo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 g del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método ensayo NTP 319.127.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 7.1.3 y 7.1.4 de este ensayo, plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo, Fig. 3). Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación 0,2 kN/m<sup>3</sup> (0,1 lb/pla<sup>3</sup>) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el Peso unitario seco máximo y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D-4718. Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.
- 7.1.2 Plotear la curva de saturación al 100%. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculadas como se explica en 7.1.5 de este ensayo (ver ejemplo, Fig. 3).

**Nota B.** La curva de saturación al 100% es una ayuda al diseñar la curva de compactación. Para suelos que contienen más de 10% de finos a contenidos de agua que superan el óptimo, las dos curvas generalmente llegan a ser aproximadamente paralelas con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92 á 95% de saturación. Teóricamente, la curva de compactación no puede ser ploteada o trazarse a la derecha de la curva de 100% de saturación. Si esto ocurre, hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en procedimientos de ensayo o en el ploteo.



**Nota 9.** La curva de 100% de saturación se denomina algunas veces como curva de relación de vacíos cero o la curva de saturación completa.

7.1.3 Contenido de Agua,  $w$ .- Calcular de acuerdo con Método de Ensayo NTP 339.127.

7.1.4 Peso Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue:

$$\rho_h = 1000 \times \frac{(M_t - M_{mol})}{V} \quad (1)$$

Donde:

- $\rho_h$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado ( $Mg/m^3$ )
- $M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde ( $kg$ )
- $M_{mol}$  = Masa del molde de compactación ( $kg$ )
- $V$  = Volumen del molde de compactación ( $m^3$ ) (Ver Anexo A1)

$$\rho_d = \frac{\rho_h}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

Donde:

- $\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado ( $Mg/m^3$ )
- $w$  = contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{lb/ft}^3 \quad (3)$$

$$\gamma_d = 0,807 \rho_d \text{ en } \text{kN/m}^3$$

Donde:

- $\gamma_d$  = peso unitario seco del espécimen compactado.

7.1.5 En el cálculo de los puntos para el prólogo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccionar los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

- $W_{sat}$  = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- $\gamma_w$  = Peso unitario del agua  $9,807kN/m^3$  ó  $(62,43 \text{ lb/ft}^3)$ .
- $\gamma_d$  = Peso unitario seco del suelo.
- $G_s$  = Gravedad específica del suelo.

**Nota 10.** La gravedad específica puede ser calculada para los especímenes de prueba en base de datos de ensayos de otras muestras de la misma clasificación de suelo y origen. De otro modo sería necesario el ensayo de Gravedad Específica NTP 339.131.

## 7.2 INFORME

7.2.1 Reportar la siguiente información:

7.2.1.1 Procedimiento usado (A, B o C).

7.2.1.2 Método usado para la preparación (húmedo ó seco).

7.2.1.3 El contenido de agua recibida, si se determinó.

7.2.1.4 El óptimo Contenido de Agua Modificado, con aproximación al 0,5 %.



- 7.2.1.5 El Peso Unitario Seco Máximo, con aproximación a 0,5 tbf/pie<sup>3</sup>.
- 7.2.1.6 Descripción del Peón (Manual ó Mecánico).
- 7.2.1.7 Datos del tamizado del suelo para la determinación del procedimiento (A, B ó C) empleado.
- 7.2.1.8 Descripción o Clasificación del material usado en la prueba (ASTM D 2488, NTP 319.134).
- 7.2.1.9 Gravedad Específica y Método de Determinación.
- 7.2.1.10 Origen del material usado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, lugar, profundidad, etc.
- 7.2.1.11 Parte de la Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecerla y la curva de compactación y la curva de 100% saturación, el punto de Peso Unitario Seco Máximo y Óptimo Contenido de Agua.
- 7.2.1.12 El dato de Corrección por Fracción Sobredimensionada si es usado, incluyendo la fracción sobredimensionada (Fracción Gruesa), P<sub>c</sub> en %.

## 8.0 PRECISION Y DISPERSION

- 8.1 PRECISION.- Todos los datos están siendo evaluados para determinar la precisión de este método de ensayo. Además los datos pertinentes están siendo solicitados por los usuarios de este método de ensayo.
- 8.2 CONFIABILIDAD.- No es posible obtener la información sobre la confiabilidad porque no existe otros métodos de determinación de valores de máximo Peso Unitario Seco Modificado y Óptimo Contenido de Humedad.



## ANEXO

### (INFORMACION OBLIGATORIA)

#### **A1. VOLUMEN DEL MOLDE DE COMPACTACION**

##### **A1.1. OBJETIVO**

A1.1.1. Este anexo describe el procedimiento para la determinación del volumen del molde de compactación.

A1.1.2. El volumen es determinado por un método de llenado con agua y chequeado con un método de medición lineal.

##### **A1.2. APARATOS**

A1.2.1. En adición a los aparatos listados en la sección 4, los siguientes ítems son requeridos:

A1.2.1.1 Vernier o Dial Calibrado, graduado en un rango de 0 a 150 mm (0 a 6 pulg) y sensibilidad de 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.2.1.2 Micrómetro Interior, graduado en un rango de 50 a 300 mm (2 a 12 pulg) y aproximación de lectura a 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.2.1.3 Platos de Plástico o Vidrio, Dos platos de vidrio o plástico de de espesor 200 mm<sup>2</sup> por 6 mm (8 pulg<sup>2</sup> por 1/4 pulg).

A1.2.1.4 Termómetro, de un rango de 0 - 50 °C, con graduaciones cada 0,5 °C, de acuerdo a las Especificaciones ASTM E 1.

A1.2.1.5 Llave de cierre engrasada o sellador similar.

A1.2.1.6 Equipo diverso; jeringa de pera, secadores, etc.

##### **A1.3. PRECAUCIONES**

A1.3.1. Desarrollar este procedimiento en un área aislada de corrientes de aire y fluctuaciones extremas de temperatura.

##### **A1.4. PROCEDIMIENTO**

A1.4.1. Método de Llenado de agua:

A1.4.1.1 Engrasar ligeramente la base del molde de compactación y colocarlo en uno de los platos de plástico o vidrio. Engrasar ligeramente la parte superior del molde. Tener cuidado de no engrasar el interior del molde. Si es necesario usar el plato base, como se anota en 6.2.4.7 de este ensayo, colocar al molde engrasado en el plato base y asegurar con los tornillos sujetadores.

A1.4.1.2 Determinar la masa del molde engrasado y platos de vidrio o plástico con aproximación al 1 g (0,01 lb-m).

A1.4.1.3 Colocar el molde y la base del plato en una superficie nivelada, firme y llenar el molde con agua ligeramente hasta los bordes.

A1.4.1.4 Realizar el segundo plato sobre el borde superior del molde de tal manera que el molde quede completamente lleno de agua y sin burbujas de aire atrapadas. Añadir o quitar agua si es necesario, con la jeringa bombilla.

A1.4.1.5 Secar completamente cualquier exceso de agua del exterior del molde y platos.

A1.4.1.6 Determinar el peso del molde, platos y agua y registrar con aproximación a 1 g (0,01 lb-m).

A1.4.1.7 Determinar la temperatura del agua en el molde con aproximación 1 °C y registrar. Determinar la densidad absoluta del agua según la Tabla A1.1.

A1.4.1.8 Calcular el peso del agua en el molde restando el peso determinado en A1.4.1.2. del registrado en A1.4.1.6.

- A1.4.1.9 Calcular el volumen de agua dividiendo el peso del agua por la densidad de agua y registrar con aproximación a 1 cm<sup>3</sup> (0,0001 pie<sup>3</sup>).
- A1.4.1.10 Cuando el plato de base es usado para la calibración del volumen del molde repetir los pasos A1.4.1.3 al A1.4.1.9.
- A1.4.2 Método de Mediciones Lineales:
- A1.4.2.1 Usando el vernier calibrador o el micrómetro inferior, medir el diámetro del molde seis veces la parte superior del molde y seis veces en la parte inferior del molde, espaciando proporcionalmente cada una de las seis mediciones alrededor de la circunferencia del molde. Registrar valores con aproximación a 0,02 mm (0,001 pulgadas).
- A1.4.2.2 Usando el vernier calibrador, medir la altura inferior del molde realizando tres medidas igualmente espaciadas alrededor de la circunferencia del molde. Registrar los valores con aproximación 0,02 mm (0,001 pulgadas).
- A1.4.2.3 Calcular el promedio del diámetro de la parte superior del molde, promedio del diámetro de la parte inferior del molde y la altura.
- A1.4.2.4 Calcular el volumen del molde y registrar con aproximación a 1 cm<sup>3</sup> (0,0001 pie<sup>3</sup>) utilizando la ecuación A1a (para pulgadas-libra) ó A1b (para SI):

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(1728)} \quad (A.1.a)$$

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(10)^3} \quad (A.1.b)$$

Donde:

- V = Volumen de molde, cm<sup>3</sup>, (pie<sup>3</sup>)
- h = Promedio de altura, mm, (pulg).
- d<sub>t</sub> = Promedio de diámetro de la parte superior, mm (pulg)
- d<sub>b</sub> = Promedio de diámetro de la parte inferior, mm (pulg)
- 1/1728 = Constante para convertir pulg<sup>3</sup> a pie<sup>3</sup>
- 1/100 = Constante para convertir mm<sup>3</sup> a cm<sup>3</sup>

- A1.5. Comparación de Resultados
- A1.5.1 El volumen obtenido por otro método debe estar dentro de los requisitos de tolerancia de 4.1.1.1. y 4.1.1.2.
- A1.5.2 La diferencia entre los dos métodos no debe ser mayor que 0,5 % del volumen nominal del molde.
- A1.5.3 Repetir la determinación de volumen si estos criterios no concuerdan.
- A1.5.4 La falla en la obtención de un acuerdo satisfactorio entre los dos métodos incluso después de varias tentativas, es una indicación que el molde se encuentra muy deformado y debe ser reemplazado.
- A1.5.5 Emplear el volumen del molde determinado, con el método de llenado en agua, como el valor de volumen asignado para cálculo de humedad y densidad seca (ver 7.1.4).

**Tabla 1**  
Tiempo de permanencia requerido para saturación de especímenes

Clasificación	Tiempo de permanencia mínimo en horas
GW, GP, SW, SP	No se requiere
GM, SM	3
Todos los demás suelos	16



**Tabla 2**  
Equivalencia métricas para las figuras N° 1 y 2

Pulgadas	milímetros
0,016	0,41
0,020	0,51
0,032	0,81
0,038	0,97
1/8	12,70
2 1/8	51,50
2 1/4	56,70
4	101,60
4 1/2	114,30
4,584	116,41
4 5/8	120,65
5	127,00
5 1/4	136,48
5 1/2	141,28
5 5/8	145,75
6	152,40
6 1/4	162,73
6 1/2	165,10
6 3/4	171,45
8 1/4	210,65

pie <sup>-3</sup>	cm <sup>-3</sup>
1/30 (0,0333)	943
0,0005	14
1/13,333 (0,0750)	2 124
0,0011	31

**Tabla A.1.1**  
Densidad del Agua

Temperatura °C (°F)	Densidad del Agua g/ml
18 (64,4)	0,99862
19 (66,2)	0,99843
20 (68,0)	0,99823
21 (69,8)	0,99802
22 (71,6)	0,99779
23 (73,4)	0,99756
24 (75,2)	0,99733
25 (77,0)	0,99707
26 (78,8)	0,99681



Figura 1: Molde cilíndrico de 4,0 pulg

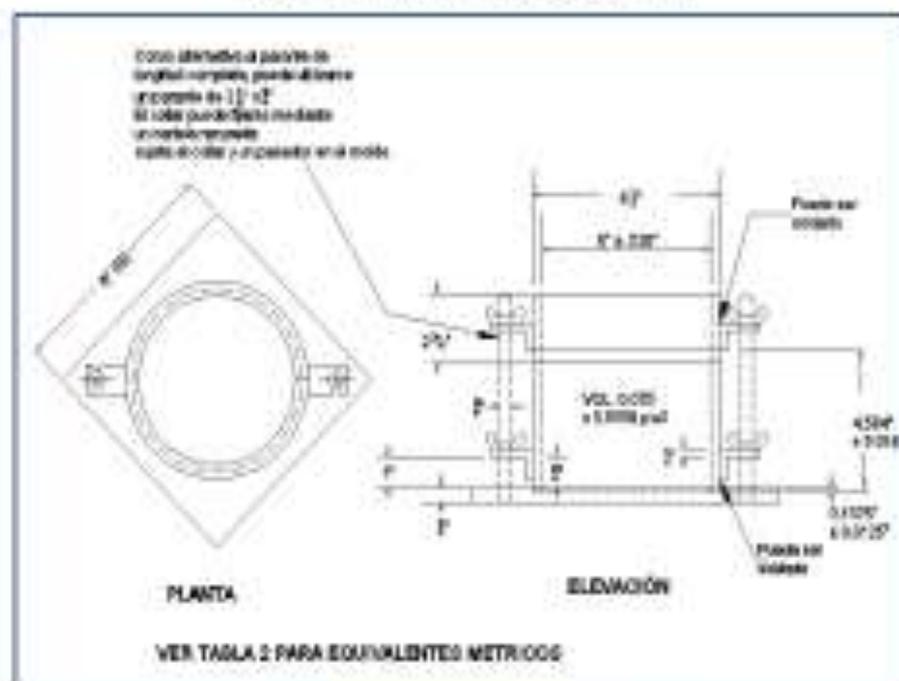


Figura 2: Molde cilíndrico de 6,0 pulg

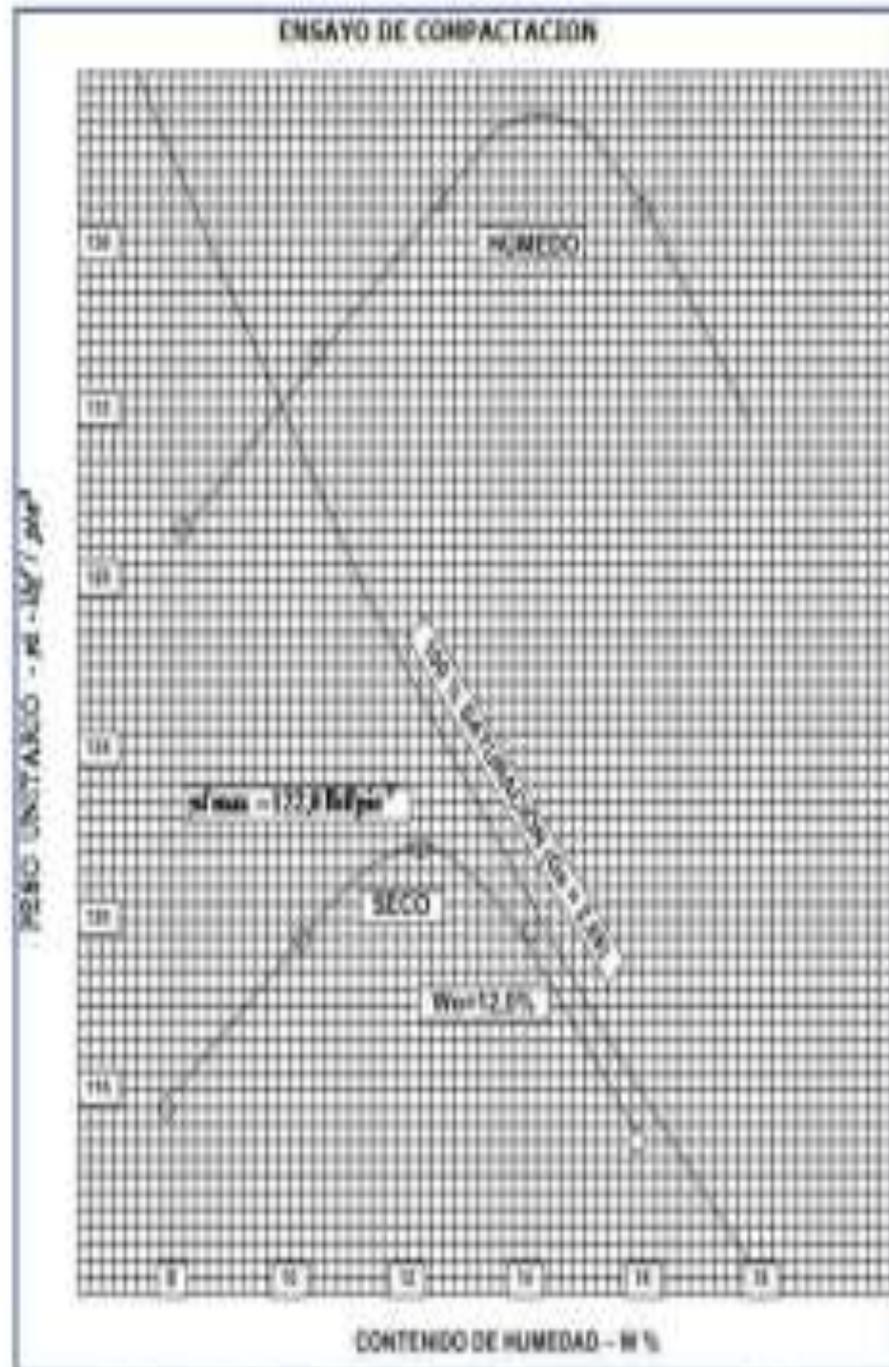


Figura 3. Ejemplo de Gráfico de Curva de Compactación



## MTC E 132

### CBR DE SUELOS (LABORATORIO)

#### 1.0 OBJETO

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

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.
- 2.2 Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.
- 2.3 Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria.
- 2.4 Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.
- 2.5 Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.
- 2.6 Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 1557: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

#### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 4.1.2.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

- 4.1.2 Mocha, de metal, cilíndrica, de 152,4mm  $\pm$  0,66 mm ( $6 \pm 0,026"$ ) de diámetro exterior y de 177,8  $\pm$  0,46 mm ( $7 \pm 0,018"$ ) de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0")



de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

4.1.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de  $61,37 \pm 0,127$  mm ( $2,416 \pm 0,005$ ") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cónico durante la compactación.

4.1.4 Pañón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

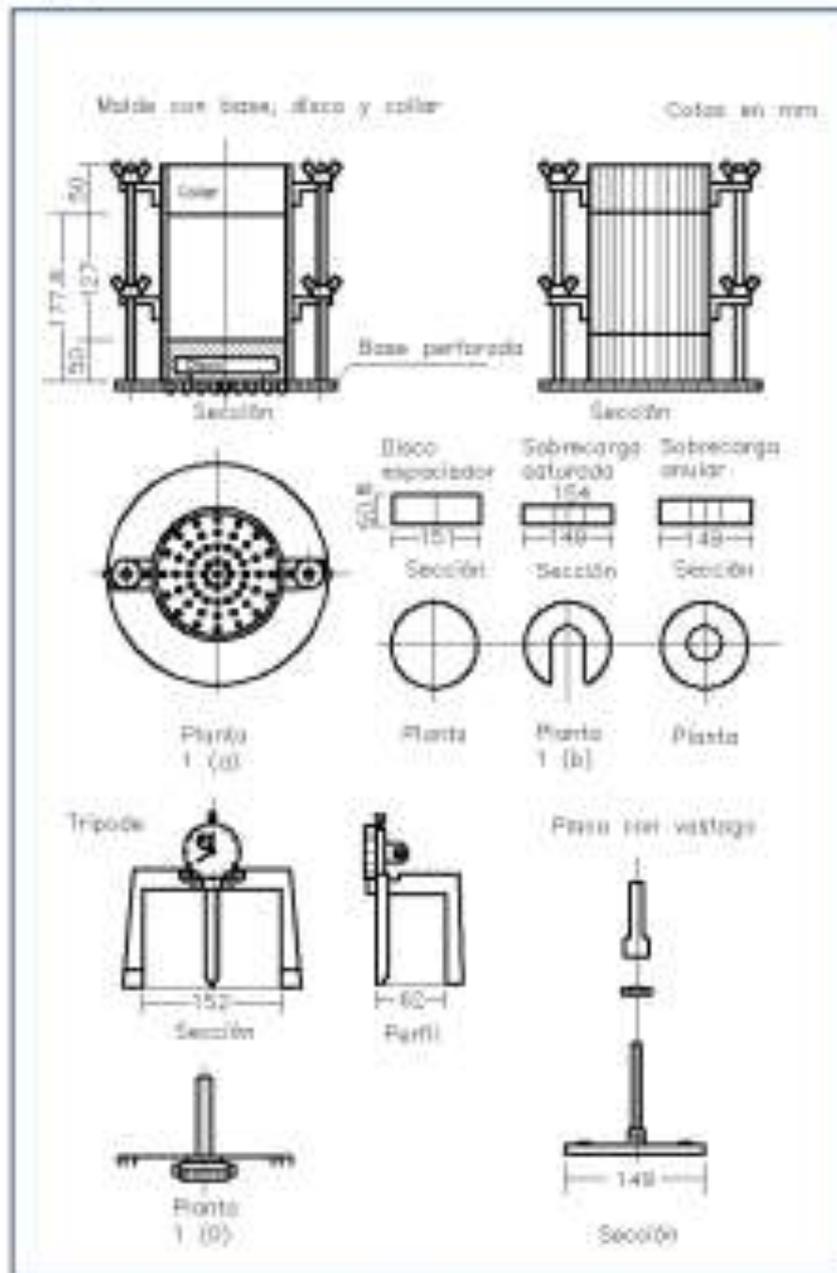


Figura 1.



#### 4.1.5. Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d).
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de ésta y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).

4.1.6. Pesas. Una o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de  $4,54 \pm 0,02$  kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de  $2,27 \pm 0,02$  kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.

4.1.7. Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de  $49,53 \pm 0,13$  mm (1,954 ± 0,005") de diámetro, área de 19,35 cm<sup>2</sup> (3 pulg<sup>2</sup>) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 5.4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").

4.1.8. Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

4.1.9. Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

4.1.10. Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.

4.1.11. Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.

4.1.12. Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 10,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

4.1.13. Miscelánea, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

## 5.0 MUESTRA

5.1. La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 ó NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6") excepto por lo siguiente:

- Si todo el material pasa el tamiz de 19mm (3/4"), toda la graduación deberá usarse para preparar las muestras a compactar sin modificación. Si existe material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4"), este material deberá ser removido y reemplazado por una cantidad igual de material que pase el tamiz de 19 de pulgada (19 mm) y sea retenido en el tamiz N° 4 obtenido por separación de porciones de la muestra no de otra forma usada para ensayos.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

6.1. El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingeniería de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un periodo de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

6.2. Preparación de la Muestra. - Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea

superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de aporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108.

Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falta para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

- 6.3 Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

**Nota 1.** En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se seca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enraso, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

- 6.4 Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con véstago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayen de ir encima del suelo que

se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (véase figura 2b).

**Nota 2.** A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el tripode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un periodo de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados (véase figura 2c).

Al final del periodo de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el tripode en su posición, sin moverlo durante todo el periodo de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del periodo de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.

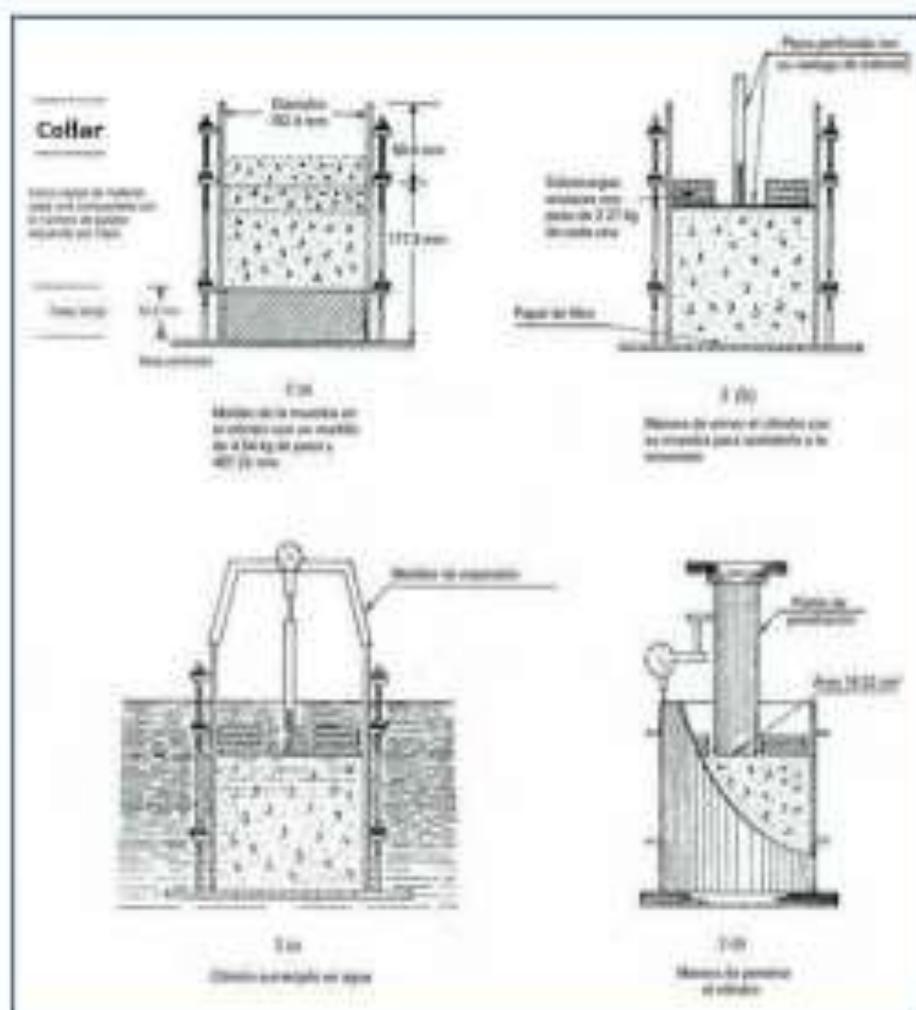


Figura 2: Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio

- 6.5 Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con  $\pm 2,27$  kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra. Llévese el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añada el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:



### Penetración

Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

\* Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

### 6.5 PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO SOBRE MUESTRAS INALTERADAS

En el caso de muestras inalteradas se procede como sigue:

- Se trabajará en una calicata de aproximadamente  $0,80 \pm 0,80$  m.
- Se nivela la superficie y se coloca el molde en el centro del área de trabajo. El molde se le debe haber adicionado el anillo cortador.
- Posteriormente se excava suavemente alrededor del molde, presionándolo para que corte una delgada capa de suelo a su alrededor.
- Se clava el molde en el suelo poco a poco, con ayuda de herramientas apropiadas, hasta llenarlo, haciendo uso de la técnica para la toma de muestras inalteradas que se describe en la norma NTC E 112. Debe entenderse que por ningún motivo la muestra debe ser golpeada, tanto en el proceso de recuperación en el campo, como en su transporte y trabajo de laboratorio.
- Una vez lleno el molde, se parafinan sus caras planas y, cuidando de no golpearlo, se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con ayuda de la prensa y el disco espaciador o de un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde equivalente al del disco espaciador, empujando el molde por el otro extremo. A continuación se procede como con las muestras preparadas en el laboratorio. La operación para dejar ese espacio vacío no es necesaria ( $7,0'' \pm 0,16''$ ) si se utiliza un molde con 127 mm (5") de altura, en vez de los 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder al ensayo de penetración.

### 7.0 CALCULOS E INFORME

#### 7.1 CALCULOS

7.1.1 Humedad de compactación. El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

- H = Humedad prefijada
- h = Humedad natural



- 7.1.2 Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.
- 7.1.3 Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta (numerales 4.1.3 y 4.1.4); la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.
- Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.
- 7.1.4 Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva (véase Figura 3).
- 7.1.5 Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 6.3. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").

Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Donde

$L_1$  = Lectura inicial en mm.

$L_2$  = Lectura final en mm.

- 7.1.6 Valor de la relación de soporte (índice resacaerba CBR). Se toma valor de la relación de soporte (índice CBR), el tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes:

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

- Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
- De la curva corregida tómense los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000 lb/plg<sup>2</sup>) y 10,3 MPa (1500 lb/plg<sup>2</sup>) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, insese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.

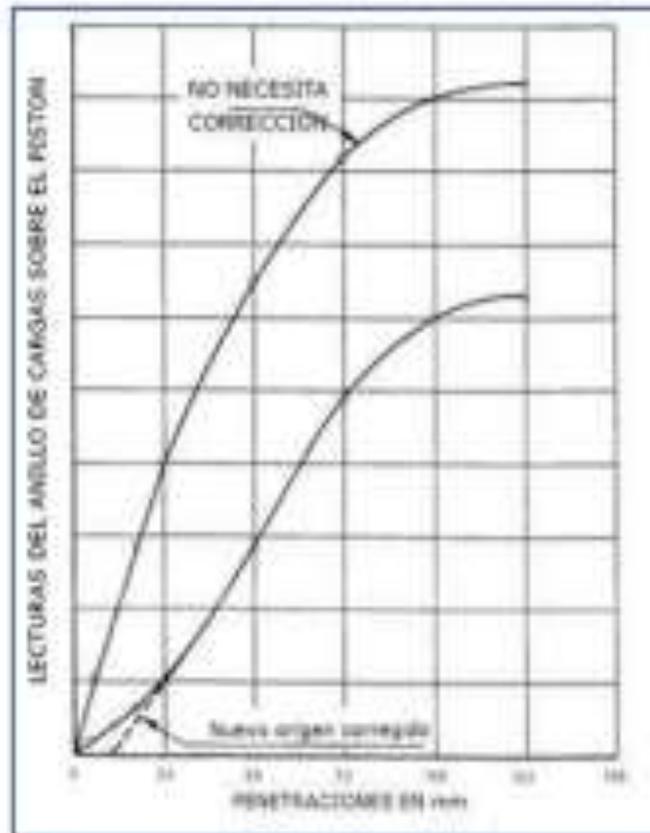


Figura 3: Curva para cálculo de índice de CBR

## 7.2 INFORME LECTURAS DEL ANILLO DE CARGAS SOBRE EL PISTÓN

Los datos y resultados de la prueba que deberán suministrarse son los siguientes:

- Método usado para la preparación y compactación de los especímenes.
- Descripción e identificación de la muestra ensayada.
- Humedad al fabricar el espécimen.
- Peso unitario.
- Sobrecarga de saturación y penetración.
- Expansión del espécimen.
- Humedad después de la saturación.
- Humedad óptima y densidad máxima determinados mediante la norma MTC E 115.
- Curva presión-penetración.
- Valor de relación de soporte (C.B.R.).

## ANEXO 6: Mapas y planos

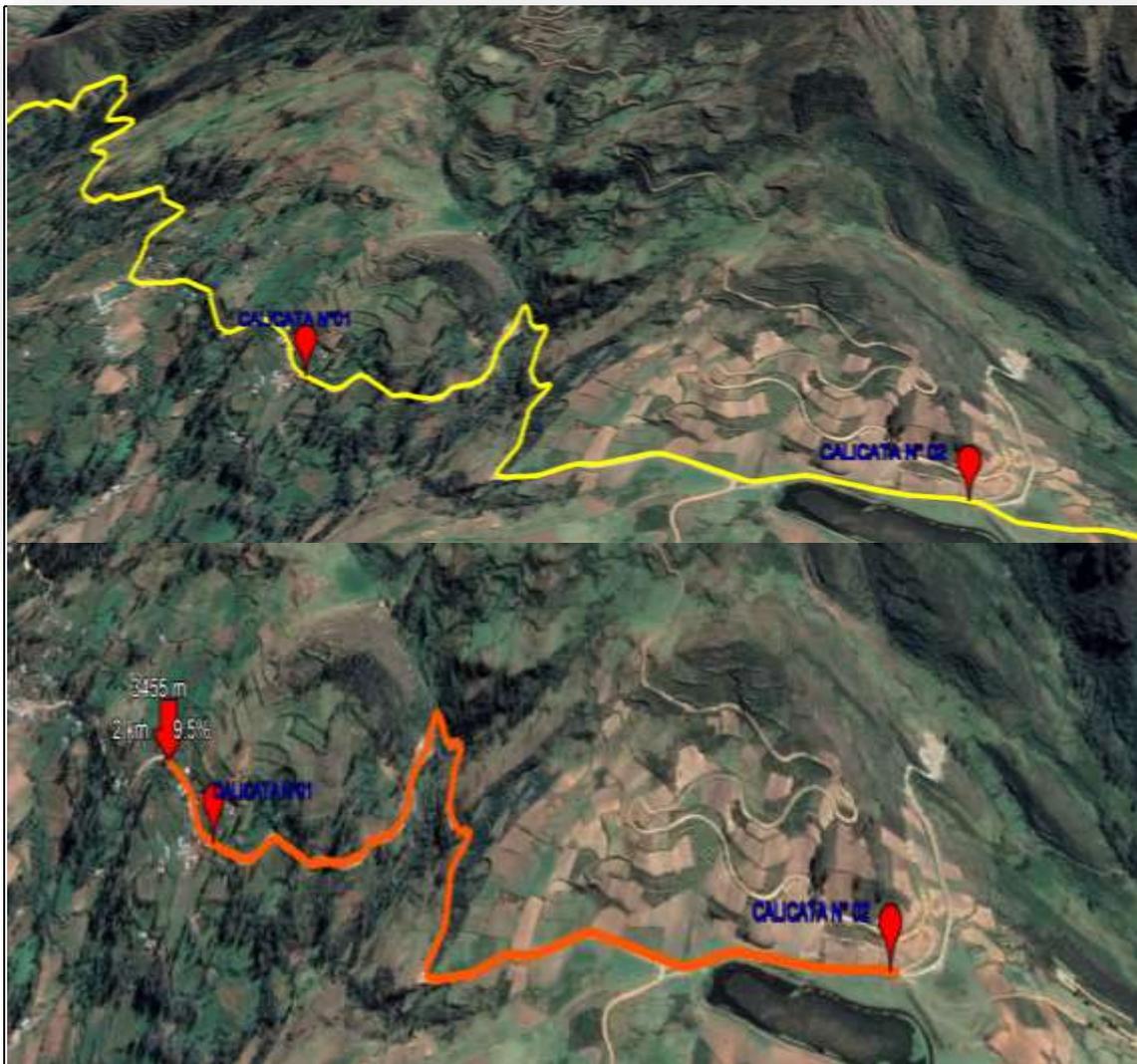
### Anexo L1: Plano de ubicación



<p><b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b></p> <p>“Uso de Cenizas de Carbón para la Estabilización del suelo en la Trocha Carrozable de Pampahura Apurímac, 2021”</p>				<p><b>U-01</b></p>
<p><b>Plano:</b> Ubicación de estudio</p>	<p><b>Departamento:</b> Apurímac</p>	<p><b>Provincia:</b> Andahuaylas</p>	<p><b>Distrito:</b> Huancarama - Pampahura</p>	

Fuente: Elaboración propia

**Anexo L2: Muestra de investigación**



<p><b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b></p> <p>“Uso de Cenizas de Carbón para la Estabilización del suelo en la Trocha Carrozable de Pampahura Apurímac, 2021”</p>				<p><b>M-01</b></p>
<p><b>Plano:</b> Muestra de investigación</p>	<p><b>Departamento:</b> Apurímac</p>	<p><b>Provincia:</b> Andahuaylas</p>	<p><b>Distrito:</b> Huancarama - Pampahura</p>	

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 7: Panel fotográfico

### Anexo 7.1: Fotografías de la extracción de muestras y ejecución de calicatas



Fotografía: Ejecución de calicata c-1

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: Ejecución de calicata c-2

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: Ejecución de calicata c-2

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: Muestra de cenizas de carbón

**Anexo 7.2: Fotografías de Ensayo granulométrico para muestras c-1 y c-2**



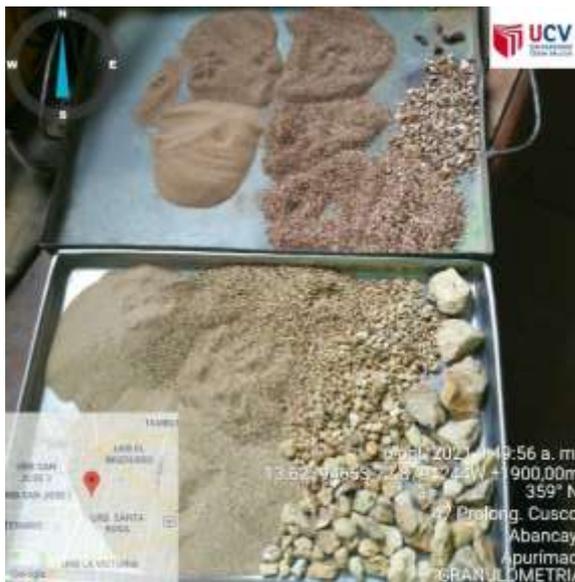
Fotografía: Cuarteo de la muestra c-2

Fuente: Elaboración propia



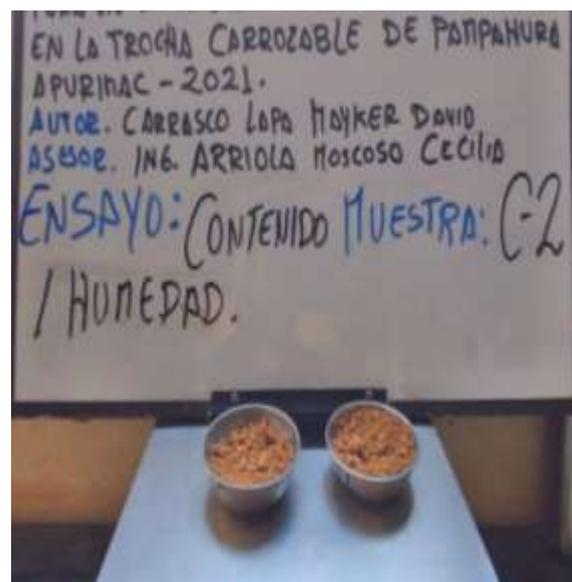
Fotografía: Peso de la muestra c-1

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: Muestra final de c-1 y c-2

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: Contenido de humedad c-2

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 7.3:** Fotografías de Ensayo de límites de consistencia de la muestra c-2



Fotografía: De ensayo limite liquido de la muestra c-2

Fuente: Elaboración propia



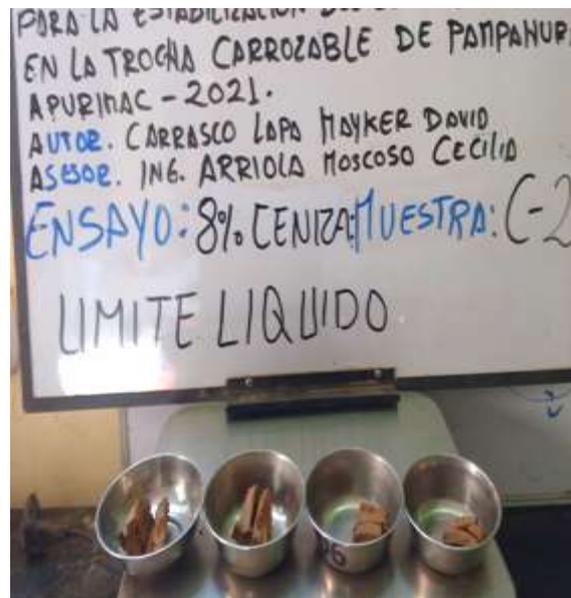
Fotografía: De ensayo limite plástico de la muestra c-2

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: De ensayo limite liquido de la muestra c-2 más 8% C.C.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: limite liquido de la muestra c-2 más 8% c.c.

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 7.4: Fotografías de Ensayo de proctor modificado de la muestra c-2**



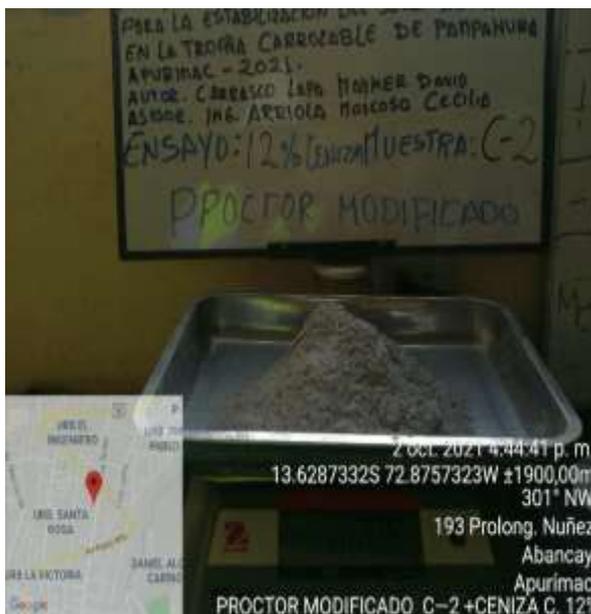
Fotografía: De ensayo proctor modificado de la muestra natural c-2

Fuente: Elaboración propia



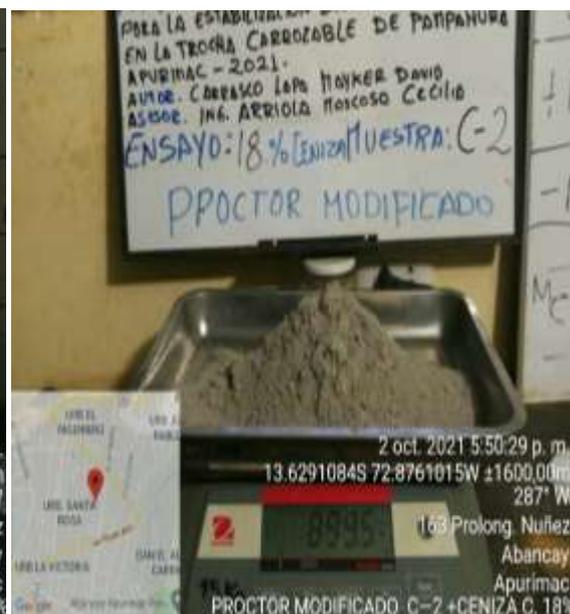
Fotografía: De ensayo proctor modificado de la muestra más 8% de C.C.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: De ensayo proctor modificado de la muestra más 12% de C.C.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: De ensayo proctor modificado de la muestra más 18% de C.C.

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 7.5: Fotografías de Ensayo de CBR de la muestra c-2**



Fotografía: De ensayo CBR de la muestra natural c-2

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: De ensayo CBR de la muestra más 8% de C.C.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: De ensayo CBR de la muestra más 12% de C.C.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía: De ensayo CBR de la muestra más 18% de C.C.

Fuente: Elaboración propia



# CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 918

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2021-05-03

1. SOLICITANTE : HK CONSTRUCTORES EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA  
DIRECCIÓN : JR. LAS AZUCENAS NRO 32N ASC. SANTA ROSA(1 CDR CLINAC SAN BORJA CAP PORTON P. OMIAPURIMAC-ABANCAY-ABANCAY
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE MANUAL *ensayos de límites de consistencia*
- MARCA : PINZUAR                      PROCEDENCIA : NO INDICA  
MODELO : PS-11                      IDENTIFICACIÓN : NO INDICA  
NUMERO DE SERIE : 1715              TIPO : MANUAL  
FECHA DE INSPECCIÓN : 2021-04-28      UBICACIÓN : NO INDICA

### 3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Procedimiento de calibración Comparación directa con patrones calibrados

### 4. LUGAR DE INSPECCIÓN

La calibración se realizó en el Laboratorio de Metrología de Pinzuar Ltda. Sucursal del Perú Calle Ricardo Palma N° 998 Urb. San Joaquín Bellavista - Callao.

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	20.5	20.8
Humedad Relativa %HR	63	63

### 6. TRAZABILIDAD

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

### 7. OBSERVACIONES

El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4318 / NTC 4830

### 8. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	205.08	g
Espesor de la copa	2.00	mm
Profundidad de la copa	27.09	mm
Altura de la base	50.97	mm
Ancho de la base	125.74	mm
Longitud de la base	150.77	mm

  
Henry José León Masgo  
Metrologo del Laboratorio de Metrología.  
PINZUAR LTDA. SUCURSAL DEL PERÚ

TRAZABILIDAD: Pinzuar Ltda. Asegura y garantiza la trazabilidad de los patrones implementados en esta inspección

(\*) Este certificado de inspección expresa fehacientemente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**

Calibration Certificate - Laboratory of Force

**F-23312-001 R0**

Página / Pág. 1 de 8

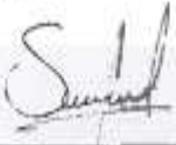
<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	<b>MÁQUINA DE ENSAYOS CBR MANUAL</b>	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p>The results issued in this Certificate relate to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p> <p>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PS-9	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	PE-1001	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	NO INDICA	
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	774 Unidad Dial	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	HK CONSTRUCTORES EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	JR.LAS AZUCENAS NRO. SIN ASC. SANTA ROSA(1 CDR. CLINAC. SAN BORJA CAP PORTON PLOM) APURIMAC- ABANCAY- ABANCAY	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	ABANCAY	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2021 - 04 - 27	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2021 - 05 - 12	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	05	

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

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

**Firmas que Autorizan el Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

  
Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

  
Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda  
Asesor Laboratorio de Metrología



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**  
Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

**L-23312-006 RO**

Page / Pág 1 de 2

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	<b>COMPARADOR DE CARÁTULA</b>	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no es responsable de los errores que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p>The results issued in this certificate relate to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any changes that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p> <p>This calibration certificate documents and assures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	NO INDICA	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	NO INDICA	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	8038813	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	A 1337	
<b>Intervalo de Medición</b> <i>Measurement Range</i>	0 mm a 10 mm	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	HK CONSTRUCTORES EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	JRLLAS AZUCENAS NRO. SIN ASC. SANTA ROSA(1 CDR. CLINAC. SAN BORJA 04P PORTON PL.OMAPURIMAC- ABANCAY	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	ABANCAY	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of Calibration</i>	2021 - 04 - 23	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of Issue</i>	2021 - 05 - 13	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>		03

En la operación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el mismo, excepto cuando se reproduce en su totalidad, en una proporción la equidad que los datos del certificado lo permitan de acuerdo al cliente. Los certificados de calibración son firmados por nosotros.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when this is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are consistent with the content. Calibrated certificates are signed by us.

**Firmas que Autorizan Certificado**  
*Signatures Authorizing the Certificate*

Ing. Sergio Nolin Martínez  
Directo Laboratorio de Metrología

Ing. Jainer Amuña López  
Métrico Laboratorio de Metrología



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

**M-23312-002 RO**

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> Instrument	<b>INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO</b>	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproduzcan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p>The results issued in this certificate relate to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p> <p>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
<b>Fabricante</b> Manufacturer	OHAUS	
<b>Modelo</b> Model	R31P15	
<b>Número de Serie</b> Serial Number	8336190055	
<b>Identificación Interna</b> Internal Identification	NO INDICA	
<b>Carga Máxima</b> Maximum load	<b>15000 g</b>	
<b>Solicitante</b> Customer	HK CONSTRUCTORES EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	
<b>Dirección</b> Address	JR.LAS AZUCENAS NRO. SIN ASC. SANTA ROSA(1 CDR. CLINAC, SAN BORJA C4P PORTON PLOM)	
<b>Ciudad</b> City	APURIMAC- ABANCAY- ABANCAY	
<b>Fecha de Calibración</b> Date of calibration	2021 - 04 - 27	
<b>Fecha de Emisión</b> Date of issue	2021 - 05 - 10	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> Number of pages of the certificate and documents attached	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, cuando este se reproduce en su totalidad, se que proporciona la seguridad que un parte del certificado no se están de control. Los resultados de calibración en forma no son válidos.

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

### Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Francisco Durán Romero  
Métrlogo Laboratorio de Metrología



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas**

**M-23312-003 RO**

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Página / Page 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	<b>INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO</b>	<p>Los resultados emitidos en esta certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p>The results issued in this certificate refer to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p> <p>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	OHAUS	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	R31P3	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	8335510092	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	NO INDICA	
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum load</i>	<b>3000 g</b>	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	HK CONSTRUCTORES EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	JRLLAS AZUCENAS NRO. SIN ASC. SANTA ROSA(1 CDR. CLINAC. SAN BORJA C4P PORTON PLOM)	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	APURIMAC- ABANCAY- ABANCAY	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2021 - 04 - 27	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2021 - 05 - 10	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S. no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que compromete la seguridad con los datos del certificado no se están de contexto. Los certificados de calibración en línea no son válidos.

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

**Firmas que Autorizan el Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

Tec. Francisco Durán Romero  
Métrico Laboratorio de Metrología



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura**

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

**T-23312-004 R0**

Page / Pág. 1 de 2

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	<b>HORNO ELÉCTRICO</b>	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PT-1901	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	107	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	NO INDICA	<p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p>
<b>Intervalo de Medición</b> <i>Measurement Range</i>	<b>40 °C a 200 °C</b>	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	HK CONSTRUCTORES EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	<p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p>
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	JR. LAS AZUCENAS NRO. SIN ASC. SANTA ROSA(1 CDR. CLINAC. SAN BORJA C4P PORTON PLOM)APURIMAC- ABANCAY- ABANCAY	<p>The results issued in this certificate relate to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p>
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	APURIMAC - ABANCAY	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of Calibration</i>	2021 - 04 - 27	<p>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p>
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of Issue</i>	2021 - 05 - 12	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>		03

De la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar se ha hecho reproducción del informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que preservamos la seguridad que las partes del certificado no se usen en contextos que no sean los de calibración en Pinzuar por sí solos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it preserves the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unapproved reproductions are not valid.

**Firmas que Autorizan el Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

**Ing. Sergio Iván Martínez**  
Director Laboratorio de Metrología

**Tecg. Oscar Eduardo Briceño**  
Metólogo Laboratorio de Metrología

## ANEXO 9: Resultados de ensayos de laboratorio

### **ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y CLASIFICACION SUCS - AASHTO**



**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS(S.U.C.S)**  
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(Método MTC E- 107 - 99)

PROYECTO "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021".

SOLICITANTE : CARRASCO LAPA MAYKER DAVID

UBICACION : TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA

PROFUNDIDAD : 1.5 m.

N° MUESTRA : C - 1

Tec. Responsable : Miguel Angel Arone Barrientos

FECHA 07/10/2021

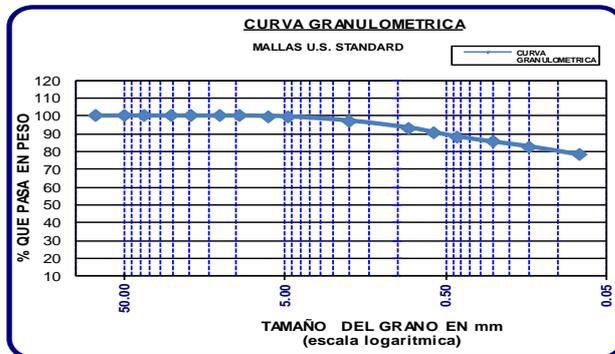
Ingº. Responsable: Kenny Huamani Gamarra

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	1.70	0.17	0.17	99.83
No4	4.760	3.10	0.31	0.48	99.52
No10	2.000	22.70	2.27	2.75	97.25
No20	0.840	39.90	3.99	6.74	93.26
No30	0.590	25.80	2.58	9.32	90.68
No40	0.420	24.10	2.41	11.73	88.27
No60	0.250	29.00	2.90	14.63	85.37
No100	0.149	26.40	2.64	17.27	82.73
No200	0.074	44.50	4.45	21.72	78.28
BASE		1.900	0.19	21.91	78.09
W-Wo		780.900	78.09	100.00	0.00

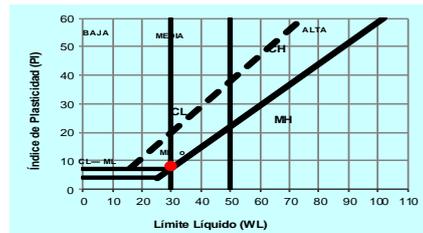
  

TAMAÑO MAXIMO:	3/8"
P.L.=	100.00
%Grava=	0.48
%Arena=	21.24
% Finos=	78.28
LIMITES DE CONSISTENCIA:	
L.L.=	29.62
L.P.=	21.29
I.P.=	8.33
CARACT. GRANULOMETRICAS	
D10=	Cu= NP
D30=	Cc= NP
D60=	
Valor del Indice de Grupo (IG)	(8)
CLASIFICACION:	
AASHTO:	A-4 (8)

Pasa tamiz N°4 (4.76mm):	99.52 %	CLASIFICACION (S.U.CS)
Pasa tamiz N°200 (0.074mm):	78.28 %	CL



Abaco de Casagrande



Arcillas inorganicas de plasticidad media, arcillas arenosas, arcillas limosas	CL	(S.U.C.S)
CANTOS, ARCILLA, LIMO Y ARENA.	A-4 (8)	AASHTO

OBSERVACIONES:

**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS(S.U.C.S)**  
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(Método MTC E- 107 - 99)

**PROYECTO** "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021".

**SOLICITANTE :** CARRASCO LAPA MAYKER DAVID

**UBICACION :** TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA

**PROFUNDIDAD :** 1.5 m.

**N° MUESTRA :** C - 2

**Tec. Responsable :** Miguel Angel Arone Barrientos

**FECHA** 07/10/2021

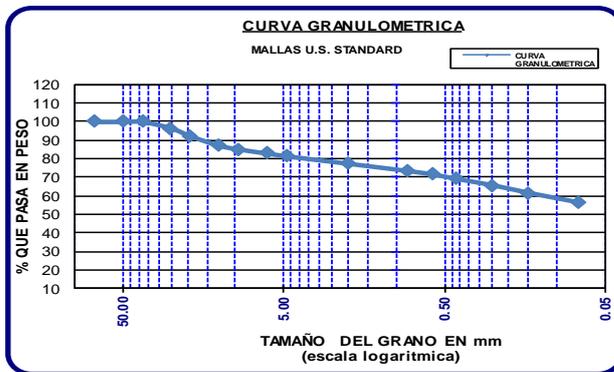
**Ingº. Responsable:** Kenny Huamani Gamarra

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE
ASTM	m m	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	50.80	3.39	3.39	96.61
3/4"	19.050	66.70	4.45	7.83	92.17
1/2"	12.700	75.30	5.02	12.85	87.15
3/8"	9.525	30.70	2.05	14.90	85.10
1/4"	6.350	32.70	2.18	17.08	82.92
No4	4.760	22.80	1.52	18.60	81.40
No10	2.000	59.30	3.95	22.55	77.45
No20	0.840	59.60	3.97	26.53	73.47
No30	0.590	27.90	1.86	28.39	71.61
No40	0.420	35.80	2.39	30.77	69.23
No60	0.250	51.70	3.45	34.22	65.78
No100	0.149	61.60	4.11	38.33	61.67
No200	0.074	75.10	5.01	43.33	56.67
BASE		2.600	0.17	43.51	56.49
W-Wo		847.400	56.49	100.00	0.00

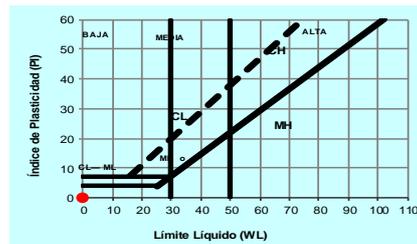
<b>TAMAÑO MAXIMO:</b> 1 1/2"
P.I.= 1500.00 %Grava= 18.60 %Arena= 24.73 % Finos= 56.67
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA:</b> L.L.= L.P.= 34.83 I.P.=
<b>CHARACT. GRANULOMETRICAS</b> D10= Cu= NP D30= 0.124 Cc= NP D60= -29.413
<b>Valor del Indice de Grupo (IG)</b> (4)
<b>CLASIFICACION:</b> AASHTO: A-4 (4)

<b>Pasa tam iz N°4 (4.76mm):</b>	81.40 %
<b>Pasa tam iz N°200 (0.074mm):</b>	56.67 %

<b>CLASIFICACION (S.U.C.S)</b> ML
--------------------------------------



Abaco de Casagrande



<b>Limos inorgánicos, polvo de roca, arenas finas limosas</b>	ML	(S.U.C.S)
<b>LIMO Y ARENA.</b>	A-4 (4)	AASHTO

OBSERVACIONES:



## **ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**



Nancy Huamani Gonzales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 136033

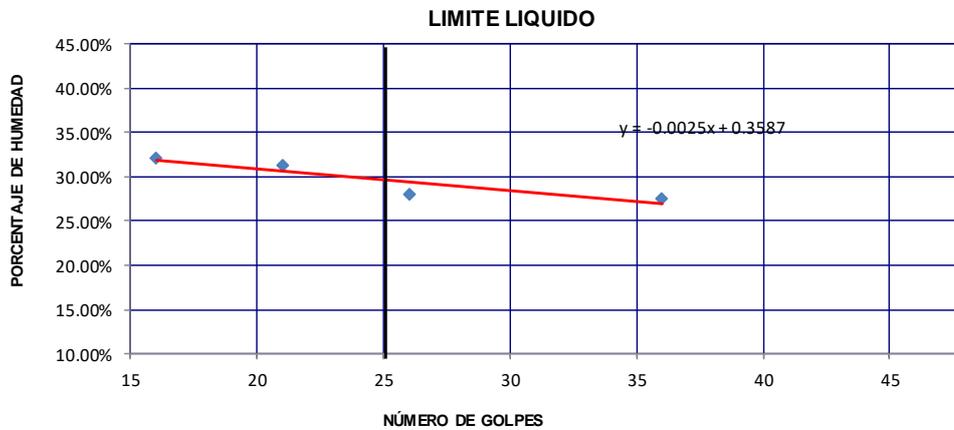
**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E 111 - 2000) Limite Plastico  
(MTC E 111 - 2000) Limite Liquido

PROYECTO: "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021".

SOLICITANTE : CARRASCO LAPA MAYKER DAVID  
N° MUESTRA : C - 1  
FECHA : 07/10/2021

UBICACION : TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA  
PROFUNDIDAD : 1.5 m.  
Tec. Responsable : Miguel Angel Arone Barrientos  
Ing°. Responsable: Kenny Huamani Gamarra

Nro. DE CAPSULA	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	B1	B2	B3	B4	C1	C2	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (A)	47.50	37.10	43.60	49.90	21.40	25.10	
PESO TARA + SUELO SECO (B)	43.30	32.70	37.40	43.00	20.40	24.10	
PESO DE LA TARA (C)	28.00	17.00	17.60	21.50	15.60	19.50	
PESO DEL AGUA (A-B)	4.20	4.40	6.20	6.90	1.00	1.00	
PESO SUELO SECO (B-C)	15.30	15.70	19.80	21.50	4.80	4.60	
HUMEDAD $W=(A-B)/(B-C)*100$	27.45%	28.03%	31.31%	32.09%	20.83%	21.7%	
HUMEDAD PROMEDIO	29.72%				21.29%		
Nro. DE GOLPES	36	26	21	16	I	II	



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : 29.62%	LP. : 21.29%	IP. : 8.33%
OBSERVACIONES:		

**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E 111 - 2000) Limite Plastico  
(MTC E 111 - 2000) Limite Liquido

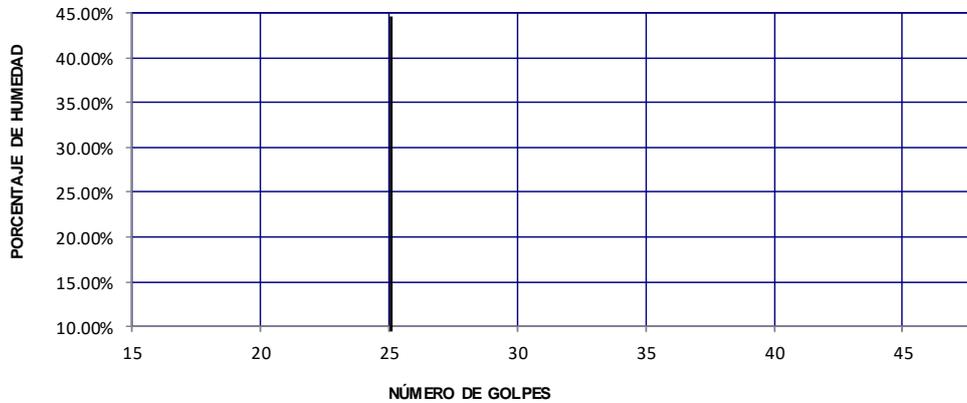
PROYECTO: "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021".

SOLICITANTE : CARRASCO LAPA MAYKER DAVID  
N° MUESTRA : C - 2  
FECHA : 07/10/2021

UBICACION : TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA  
PROFUNDIDAD : 1.5 m.  
Tec. Responsable : Miguel Angel Arone Barrientos  
Ing°. Responsable: Kenny Huamani Gamarra

Nro. DE CAPSULA	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	B1	B2	B3	B4	C1	C2
PESO TARA + SUELO HUMEDO (A)					29.10	30.50
PESO TARA + SUELO SECO (B)					27.30	28.30
PESO DE LA TARA (C)					22.20	21.90
PESO DEL AGUA (A-B)					1.80	2.20
PESO SUELO SECO (B-C)					5.10	6.40
HUMEDAD $W=(A-B)/(B-C)*100$					35.29%	34.4%
HUMEDAD PROMEDIO	NP				34.83%	
Nro. DE GOLPES					I	II

**LIMITE LIQUIDO**



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : NP	LP. : 34.83%	IP. : NP
OBSERVACIONE NO PRESENTA LIMITE LIQUIDO		



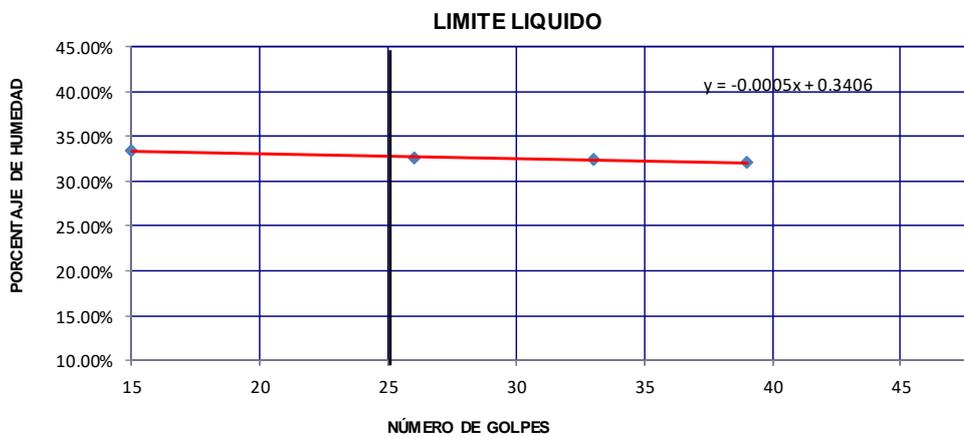
**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E 111 - 2000) Limite Plastico  
(MTC E 111 - 2000) Limite Liquido

PROYECTO: "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021".

SOLICITANTE : CARRASCO LAPA MAYKER DAVID  
N° MUESTRA : C - 2 + 8% CENIZA  
FECHA : 07/10/2021

UBICACION : TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA  
PROFUNDIDAD : 1.5 m.  
Tec. Responsable : Miguel Angel Arone Barrientos  
Ing°. Responsable: Kenny Huamani Gamarra

Nro. DE CAPSULA	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	B1	B2	B3	B4	C1	C2	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (A)	32.50	38.10	41.00	29.70	21.20	33.40	
PESO TARA + SUELO SECO (B)	29.10	33.40	36.30	25.90	19.90	32.30	
PESO DE LA TARA (C)	18.50	18.90	21.90	14.50	15.20	27.90	
PESO DEL AGUA (A-B)	3.40	4.70	4.70	3.80	1.30	1.10	
PESO SUELO SECO (B-C)	10.60	14.50	14.40	11.40	4.70	4.40	
HUMEDAD $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	32.08%	32.41%	32.64%	33.33%	27.66%	25.0%	
HUMEDAD PROMEDIO	32.62%				26.33%		
Nro. DE GOLPES	39	33	26	15	I	II	



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : 32.81%	LP. : 26.33%	IP. : 6.48%
OBSERVACIONES:		



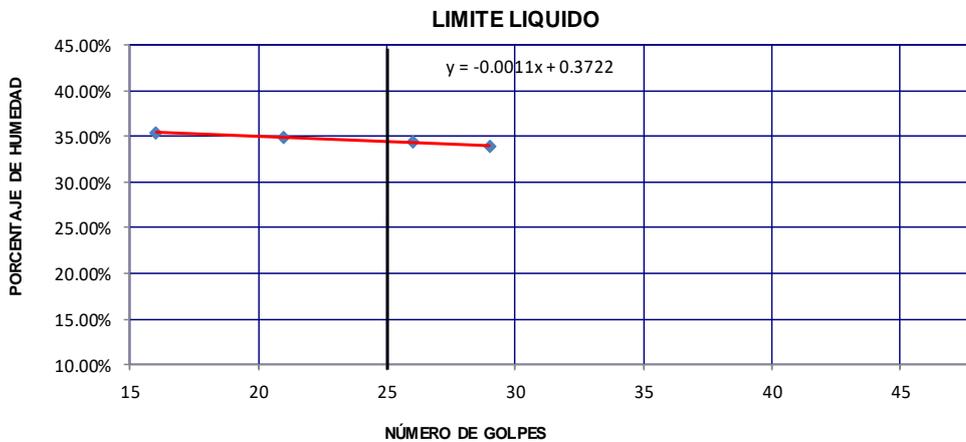
**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**  
**(MTC E 111 - 2000) Limite Plastico**  
**(MTC E 111 - 2000) Limite Liquido**

PROYECTO: "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021".

SOLICITANTE : CARRASCO LAPA MAYKER DAVID  
N° MUESTRA : C - 2 + 12% CENIZA  
FECHA : 07/10/2021

UBICACION : TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA  
PROFUNDIDAD : 1.5 m.  
Tec. Responsable : Miguel Angel Arone Barrientos  
Ing°. Responsable: Kenny Huamani Gamarra

Nro. DE CAPSULA	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	B1	B2	B3	B4	C1	C2	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (A)	40.70	45.20	43.20	40.80	28.30	30.50	
PESO TARA + SUELO SECO (B)	36.20	36.60	37.90	34.40	27.00	29.50	
PESO DE LA TARA (C)	22.90	19.40	22.70	16.30	22.30	25.90	
PESO DEL AGUA (A-B)	4.50	6.60	5.30	6.40	1.30	1.00	
PESO SUELO SECO (B-C)	13.30	19.20	15.20	18.10	4.70	3.60	
HUMEDAD $W=(A-B)/(B-C)*100$	33.83%	34.38%	34.87%	35.36%	27.66%	27.8%	
HUMEDAD PROMEDIO	34.61%				27.72%		
Nro. DE GOLPES	29	26	21	16	I	II	



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : 34.28%	LP. : 27.72%	IP. : 6.56%
OBSERVACIONES:		

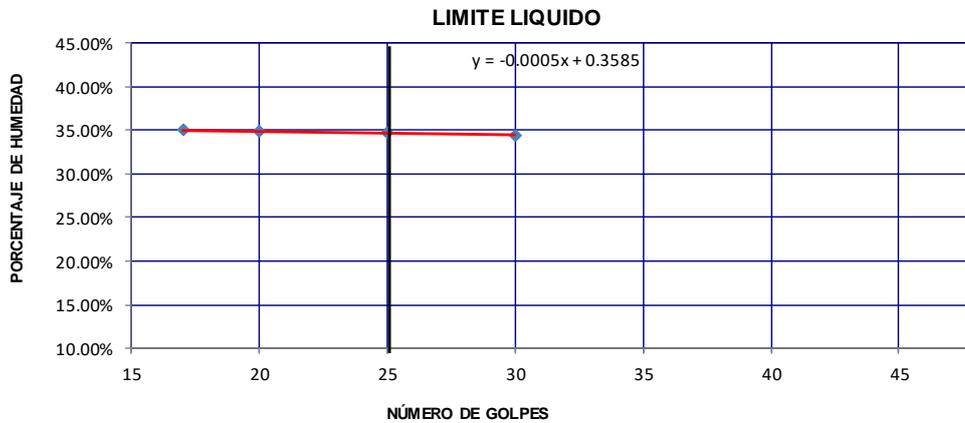
**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA  
(MTC E 111 - 2000) Limite Plastico  
(MTC E 111 - 2000) Limite Liquido**

PROYECTO: "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021".

SOLICITANTE : CARRASCO LAPA MAYKER DAVID  
N° MUESTRA : C - 2 + 18% CENIZA  
FECHA : 07/10/2021

UBICACION : TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA  
PROFUNDIDAD : 1.5 m.  
Tec. Responsable : Miguel Angel Arone Barrientos  
Ing°. Responsable: Kenny Huamani Gamara

Nro. DE CAPSULA	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	B1	B2	B3	B4	C1	C2	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (A)	41.00	36.30	34.70	43.90	28.30	32.10	
PESO TARA + SUELO SECO (B)	37.60	30.70	30.20	38.30	27.10	30.90	
PESO DE LA TARA (C)	27.70	14.60	17.30	22.30	22.20	26.40	
PESO DEL AGUA (A-B)	3.40	5.60	4.50	5.60	1.20	1.20	
PESO SUELO SECO (B-C)	9.90	16.10	12.90	16.00	4.90	4.50	
HUMEDAD $W=(A-B)/(B-C)*100$	34.34%	34.78%	34.88%	35.00%	24.49%	26.7%	
HUMEDAD PROMEDIO	34.75%				25.58%		
Nro. DE GOLPES	30	25	20	17	I	II	



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : 34.60%	LP. : 25.58%	IP. : 9.02%
OBSERVACIONES:		



# **ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

A blue circular professional stamp for a Civil Engineer. The stamp contains the name 'Willy Rosendo Coronado' and the title 'INGENIERO CIVIL' with the registration number 'C.O. 150333'. The stamp is partially obscured by a signature in blue ink.

Willy Rosendo Coronado  
INGENIERO CIVIL  
C.O. 150333

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD: PROCTOR (MODIFICADO)**  
**(Método MTC E 115-2000)**

**TESIS :** "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021"

**AUTOR :** Carrasco Lapa, Mayker David. **UBICACION :** Trocha Carrozable de Pampahura

**N° MUESTRA :** C-2 **PROFUNDIDAD :** 1.50 m

**Tec. Responsable :** Kenny Huamani Gamarra

**FECHA :** 04/10/2021

**Ingº. Responsable:** Kenny Huamani Gamarra

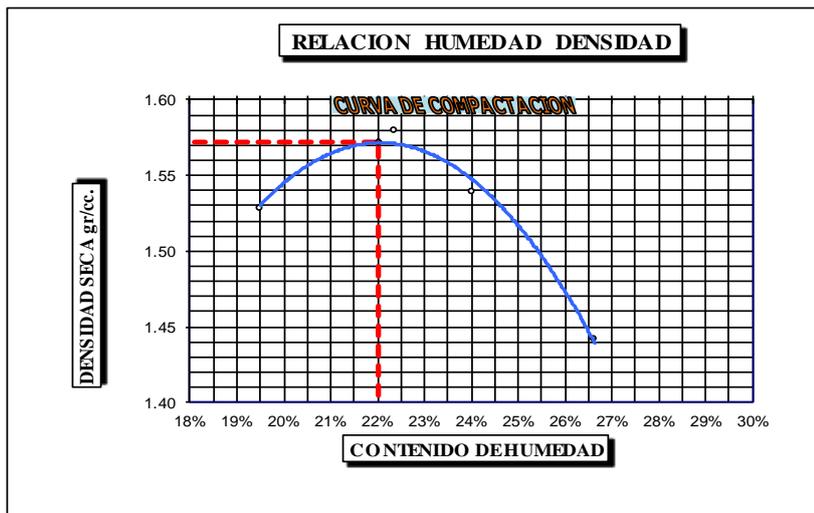
<b>MOLDE No</b>	1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	2116.02 cc
<b>No DE CAPAS</b>	5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	25

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	9650	9873.5	9824	9648
<b>Peso del Molde</b>	gr.	5785	5785	5785	5785
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	3865	4088.5	4039	3863
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc	1.827	1.932	1.909	1.826

Capsula No	No	C05	C11	C11	B08	C3	5	7	8
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	149.50	143.00	103.80	92.90	59.00	66.00	83.00	77.00
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	128.50	122.50	89.80	80.00	51.90	57.50	71.00	64.50
<b>Peso del Agua</b>	gr.	21.00	20.50	14.00	12.90	7.10	8.50	12.00	12.50
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	19.50	18.60	28.00	21.50	22.70	22.30	25.90	17.60
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	109.00	103.90	61.80	58.50	29.20	35.20	45.10	46.90
<b>% de Humedad</b>	%	19.3%	19.7%	22.7%	22.1%	24.3%	24.1%	26.6%	26.7%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	19.5%		22.4%		24.0%		26.6%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.529		1.579		1.539		1.442	

**METODO:** ASTM D-1557-91  
MODIFICADO A

**MAXIMA DENSIDAD SECA :** 1.572 gr/cc  
**HUMEDAD OPTIMA :** 22.00 %



Observaciones: Muestra Identificada y Remitida por el Solicitante.

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD: PROCTOR (MODIFICADO)**  
**(Método MTC E 115-2000)**

TESIS : "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021"

AUTOR : Carrasco Lapa, Mayker David. UBICACION : Trocha Carrozable de Pampahura

N° MUESTRA : C-2 + 8% DE CENIZA

PROFUNDIDAD : 1.50 m

Tec. Responsable : Kenny Huamani Gamarra

FECHA : 04/10/2021

Ing°. Responsable: Kenny Huamani Gamarra

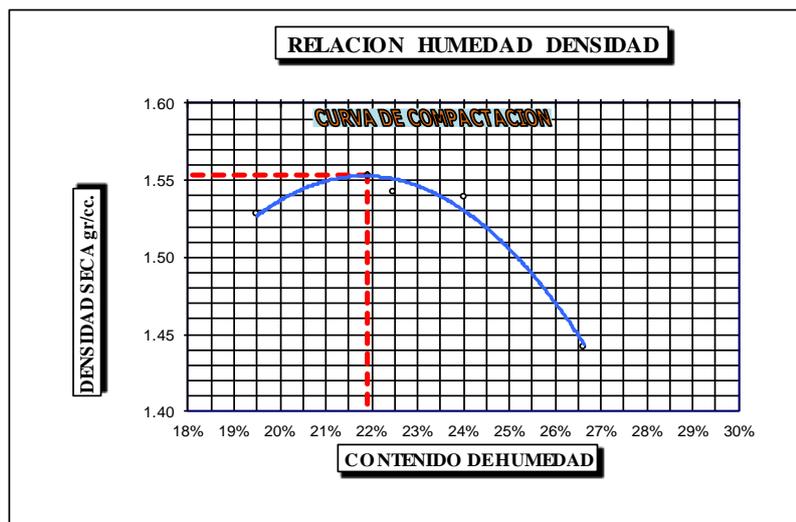
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2116.02 cc
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9650	9782.5	9824	9648
Peso del Molde	gr.	5785	5785	5785	5785
Peso del Suelo Humedo	gr/cc.	3865	3997.5	4039	3863
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.827	1.889	1.909	1.826

Capsula No	No	C 05	C 11	C 11	B 08	C 3	5	7	8
Suelo Humedo + Capsula	gr.	449.50	443.00	86.00	82.50	59.00	66.00	83.00	77.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	128.50	122.50	75.00	71.20	51.90	57.50	71.00	64.50
Peso del Agua	gr.	2100	20.50	11.00	11.30	7.10	8.50	12.00	12.50
Peso de la Capsula	gr.	19.50	18.60	25.40	21.50	22.70	22.30	25.90	17.60
Peso del Suelo Seco	gr.	109.00	103.90	49.60	49.70	29.20	35.20	45.10	46.90
% de Humedad	%	19.3%	19.7%	22.2%	22.7%	24.3%	24.1%	26.6%	26.7%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	19.5%		22.5%		24.0%		26.6%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.529		1.543		1.539		1.442	

METODO: ASTM D-1557-91  
MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1.553 gr/cc  
HUMEDAD OPTIMA : 21.90 %



Observaciones: Muestra Identificada y Remitida por el Solicitante.

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD: PROCTOR (MODIFICADO)**  
**(Método MTC E 115-2000)**

**TESIS :** "USO DE CENZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021"

**AUTOR :** Carrasco Lapa, Mayker David. **UBICACION :** Trocha Carrozable de Pampahura

**N° MUESTRA :** C-2 + 12% DE CENIZA **PROFUNDIDAD :** 1.50 m

**FECHA :** 04/10/2021 **Tec. Responsable :** Kenny Huamani Gamarra

**Ing° Responsable:** Kenny Huamani Gamarra

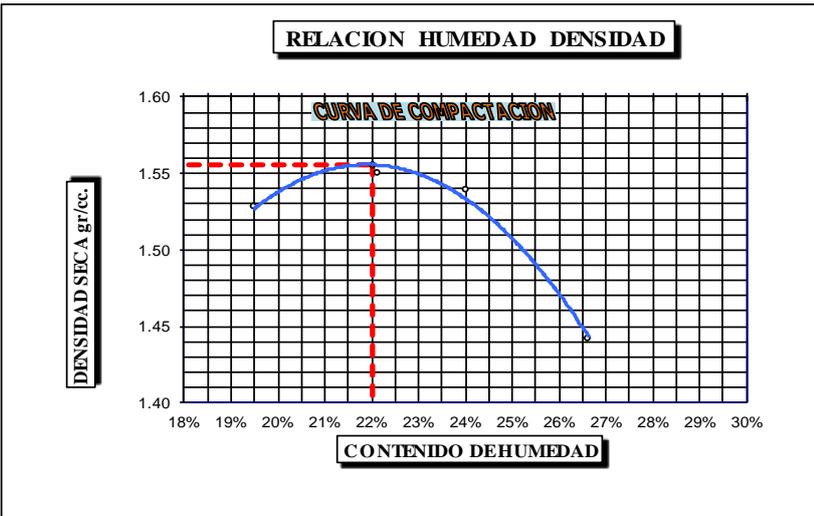
<b>MOLDE No</b>	1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	2116.02 cc
<b>No DE CAPAS</b>	5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	25

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	9650	9789.5	9824	9648
<b>Peso del Molde</b>	gr.	5785	5785	5785	5785
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	3865	4004.5	4039	3863
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc	1.827	1.892	1.909	1.826

Capsula No	No	C05	C11	C11	B08	C3	5	7	8
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	149.50	143.00	73.50	97.00	59.00	66.00	83.00	77.00
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	128.50	122.50	64.30	82.00	5190	57.50	71.00	64.50
<b>Peso del Agua</b>	gr.	21.00	20.50	9.20	15.00	7.10	8.50	12.00	12.50
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	19.50	18.60	22.50	14.50	22.70	22.30	25.90	17.60
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	109.00	103.90	4180	67.50	29.20	35.20	45.10	46.90
<b>% de Humedad</b>	%	19.3%	19.7%	22.0%	22.2%	24.3%	24.1%	26.6%	26.7%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	19.5%		22.1%		24.0%		26.6%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.529		1.550		1.539		1.442	

**METODO:** ASTM D-1557-91  
MODIFICADO A

**MAXIMA DENSIDAD SECA :** 1.556 gr/cc  
**HUMEDAD OPTIMA :** 22.00 %



Observaciones: Muestra Identificada y Remitida por el Solicitante.

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD: PROCTOR (MODIFICADO)  
(Método MTC E 115-2000)**

**TESIS :** "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021"

**AUTOR :** Carrasco Lapa, Mayker David. **UBICACION :** Trocha Carrozable de Pampahura

**N° MUESTRA :** C-2 + 18% DE CENIZA **PROFUNDIDAD :** 1.50 m

**Tec. Responsable :** Kenny Huamani Gamarra

**FECHA :** 04/10/2021 **Ing°. Responsable:** Kenny Huamani Gamarra

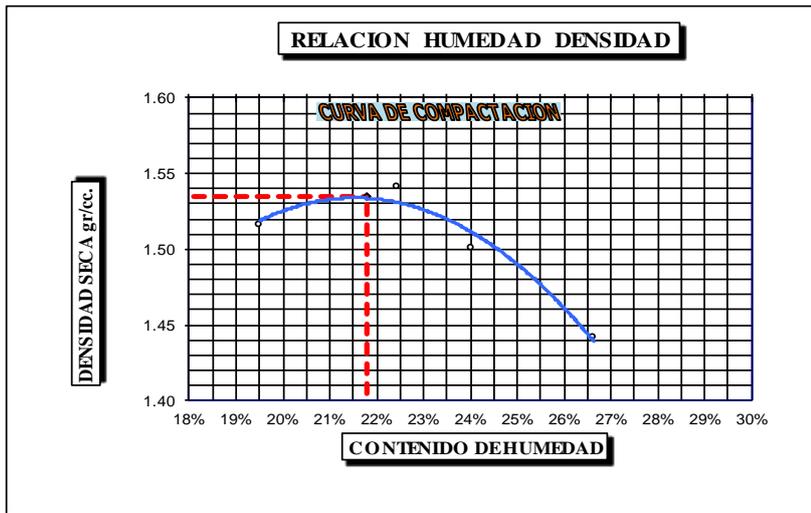
<b>MOLDE No</b>	1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	2116.02 cc
<b>No DE CAPAS</b>	5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	25

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	9620	9777.5	9724	9648
<b>Peso del Molde</b>	gr.	5785	5785	5785	5785
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	3835	3992.5	3939	3863
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc	1.812	1.887	1.862	1.826

<b>Capsula No</b>	<b>No</b>	<b>C05</b>	<b>C11</b>	<b>C11</b>	<b>B08</b>	<b>C3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	149.50	143.00	92.50	109.00	59.00	66.00	83.00	77.00
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	128.50	122.50	79.20	93.80	5190	57.50	71.00	64.50
<b>Peso del Agua</b>	gr.	21.00	20.50	13.30	15.20	7.10	8.50	12.00	12.50
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	19.50	18.60	19.40	26.50	22.70	22.30	25.90	17.60
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	109.00	103.90	59.80	67.30	29.20	35.20	45.10	46.90
<b>% de Humedad</b>	%	19.3%	19.7%	22.2%	22.6%	24.3%	24.1%	26.6%	26.7%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	19.5%	22.4%	24.0%	26.6%				
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.517	1.541	1.501	1.442				

**METODO:** ASTM D-1557-91  
MODIFICADO A

**MAXIMA DENSIDAD SECA :** 1.535 gr/cc  
**HUMEDAD OPTIMA :** 21.80 %



Observaciones: Muestra Identificada y Remitida por el Solicitante.

**ENSAYO DE CBR**  
**(CALIFORNIA BEARING RATIO)**



Keray Huamani Gonzales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 130033

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**  
(Método MTC E132- 2000)

**TESIS:** "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021"

**AUTOR:** Carrasco Lapa, Mayker David. **UBICACION:** Trocha Carrozable de Pampahura  
**N° MUESTRA:** C-2 **Ing°. Responsable:** Kenny Huamani Gamarras  
**FECHA:** 4/10/2021

**COMPACTACION C B R**

DATOS GENERALES		Clasificación de Suelos		
Maxima Densidad Seca (kg/cm3)	1.572	Peso del Martillo	10 lbs	SUCS CL
Humedad Optima	22.00%	Altura del Martillo	18 pulg	AASTHO A-4(8)
		Numero de Capas	5 capas	

DATOS DE COMPACTACION	MOLDE: 1		MOLDE: 2		MOLDE: 3	
	25 GOLPES		12 GOLPES		6 GOLPES	
Peso de Muestra Compacta.+ Molde	11028.00	10604.50	9585.50			
Peso Molde (gr)	6968.00	6975.50	6703.50			
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4060.00	3629.00	2882.00			
Vol. Molde (cc)	2067.06	2067.06	2067.06			
Densidad Humeda.(gr/cc)	1.96	1.76	1.39			

DATOS DEL MOLDE (cm)	
altura	11.27
Diametro	15.29
Volumen	2067.06

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD		B08	B01	B04	B05	B06	B07
P.Húmedo + Tara		110.80	109.00	136.50	150.80	130.50	132.20
Peso Seco + Tara		94.70	94.00	115.10	126.10	124.50	126.40
Peso Agua (gr)		16.10	15.00	21.40	24.70	6.00	5.80
Peso Tara (gr)		22.20	27.60	19.00	18.60	16.90	17.20
P. Muestra Seca		72.50	66.40	96.10	107.50	107.60	109.20
Cont. Humedad		22.21%	22.59%	22.27%	22.98%	5.58%	5.31%
Cont.Hum.Prom.		22.40%	22.62%	5.44%			
DENSIDAD SECA		1.605	1.432	1.322			

**ENSAYO DE EXPANSION**

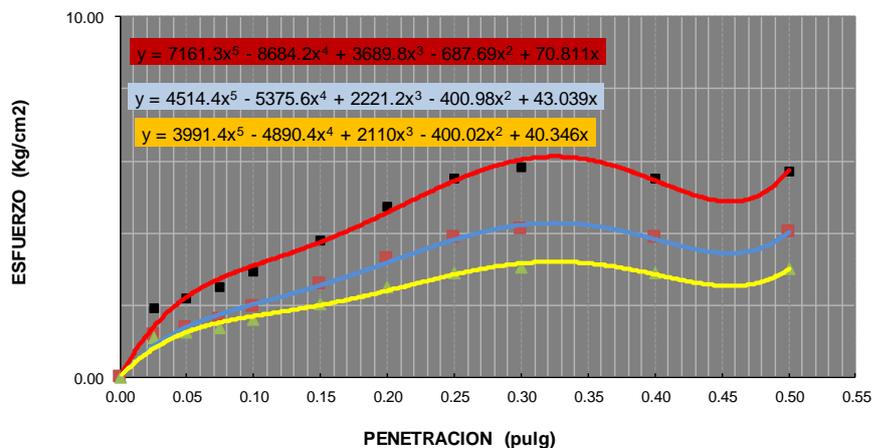
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.00	0.00	0.00	15.740	0.000	0.00	16.260	0.000	0.00
24	1	0.900	0.900	0.80	15.800	0.060	0.05	16.340	0.080	0.07
48	2	1.200	1.200	1.07	16.000	0.260	0.23	16.500	0.240	0.21
72	3	1.200	1.200	1.07	16.500	0.760	0.67	16.800	0.540	0.48
96	4	1.200	1.200	1.07	16.500	0.760	0.67	16.800	0.540	0.48

Kenny Huamani Gamarras  
 INGENIERO CIVIL  
 C.P. 130033

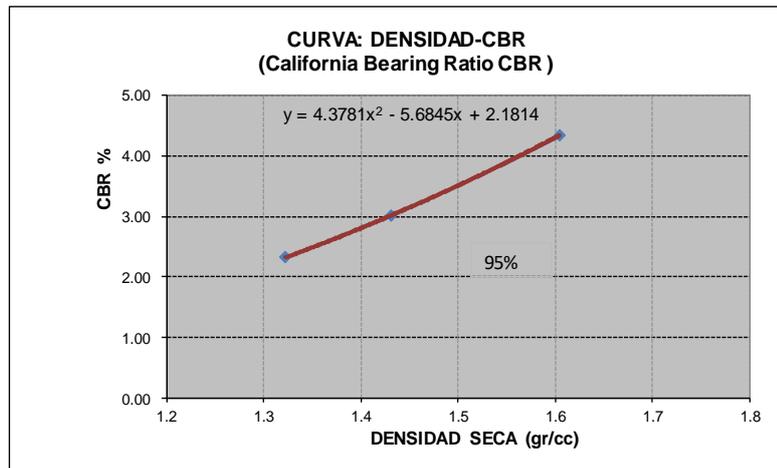
**ENSAYO DE PENETRACION**

CARGA EN KN A0+A1*X+A2*X2+A3*X3		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
AREA PISTON = 19.24cm <sup>2</sup>		25 GOLPES			12 GOLPES			6 GOLPES		
(mm)	(pulg)	DIAL	CARGA (KN)	ESFUERZO (KG/CM2)	DIAL	CARGA (KN)	ESFUER. (KG/CM2)	DIAL	CARGA (KN)	ESFUER. (KG/CM2)
0.00	0.000	0.00	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	1.60	0.37120	1.93	1.20	0.22622	1.18	0.80	0.21	1.10
1.27	0.050	3.00	0.42367	2.20	2.25	0.26556	1.38	1.50	0.24	1.23
1.91	0.075	4.50	0.47993	2.49	3.38	0.30773	1.60	2.25	0.27	1.38
2.54	0.100	6.80	0.56628	2.94	5.10	0.37245	1.94	3.40	0.31	1.60
3.81	0.150	11.20	0.73177	3.80	8.40	0.49642	2.58	5.60	0.39	2.03
5.08	0.200	16.00	0.91273	4.74	12.00	0.63190	3.28	8.00	0.48	2.50
6.35	0.250	20.00	1.06388	5.53	15.00	0.74500	3.87	10.00	0.56	2.89
7.62	0.300	21.50	1.12063	5.82	16.13	0.78745	4.09	10.75	0.58	3.04
10.16	0.400	20.00	1.06388	5.53	15.00	0.74500	3.87	10.00	0.56	2.89
12.70	0.500	21.00	1.10171	5.72	15.75	0.77330	4.02	10.50	0.58	2.99

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)



*Randy Huamani Gamate*  
INGENIERO CIVIL  
C.P. 130033



ESFUERZO KG/CM2 POR MOLDE		
PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	3.10	4.57
MOLDE 2	2.02	3.18
MOLDE 3	1.73	2.45

VALOR CBR EN % POR MOLDE				
	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	1.605	4.41	4.33	4.33
MOLDE 2	1.432	2.88	3.02	3.02
MOLDE 3	1.322	2.45	2.32	2.32

Maxima Densidad Seca (kg/cm3)	1.572	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	4.06
Humedad Optima(%)	22.00%	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	3.46

Observaciones: Muestra Identificada y Remitida por el Solicitante.

Penetracion		presion		
Mm	pulgadas	MN/m2	kgf/cm2	lb/plg2
2.54	0.1	6.9	70.31	1000
5.08	0.2	10.35	105.46	1500



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**  
(Método MTC E132 - 2000)

**PROYECTO:** "USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021"

**AUTOR:** Carrasco Lapa, Mayker David. **UBICACION:** TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA

**N° MUESTRA:** C-2 + 8% CENIZA **Ing° Responsable:** Kenny Huamani Gamarra  
**FECHA:** 5/10/2021

**COMPACTACION C B R**

DATOS GENERALES		Clasificación de Suelos		
Maxima Densidad Seca (kg/cm <sup>3</sup> )	1.553	Peso del Martillo	10 lbs	SUCS CL
Humedad Optima	21.90%	Altura del Martillo	18 pulg	AASHTO A-4(8)
		Numero de Capas	5 capas	

DATOS DE COMPACTACION	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
	25 GOLPES		12 GOLPES		6 GOLPES	
Peso de Muestra Compacta.+ Molde	10717.00		10648.70		10197.00	
Peso Molde (gr)	6697.00		6975.50		6703.50	
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4020.00		3673.20		3493.50	
Vol. Molde (cc)	2067.06		2067.06		2067.06	
Densidad Humeda.(gr/cc)	1.94		1.78		1.69	
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD	B09	B11	B02	B01	B10	B12
P.Húmedo + Tara	88.30	84.60	153.00	178.60	150.00	178.00
Peso Seco + Tara	75.40	72.80	128.70	149.10	125.20	148.50
Peso Agua (gr)	12.90	11.80	24.30	29.50	24.80	29.50
Peso Tara (gr)	17.00	19.40	19.00	18.60	16.90	17.20
P. Muestra Seca	58.40	53.40	109.70	130.50	108.30	131.30
Cont. Humedad	22.09%	22.10%	22.15%	22.61%	22.90%	22.47%
Cont.Hum.Prom.	22.09%		22.38%		22.68%	
DENSIDAD SECA	1.593		1.452		1.378	

DATOS DEL MOLDE (cm)	
altura	11.27
Diametro	15.29
Volumen	2067.06

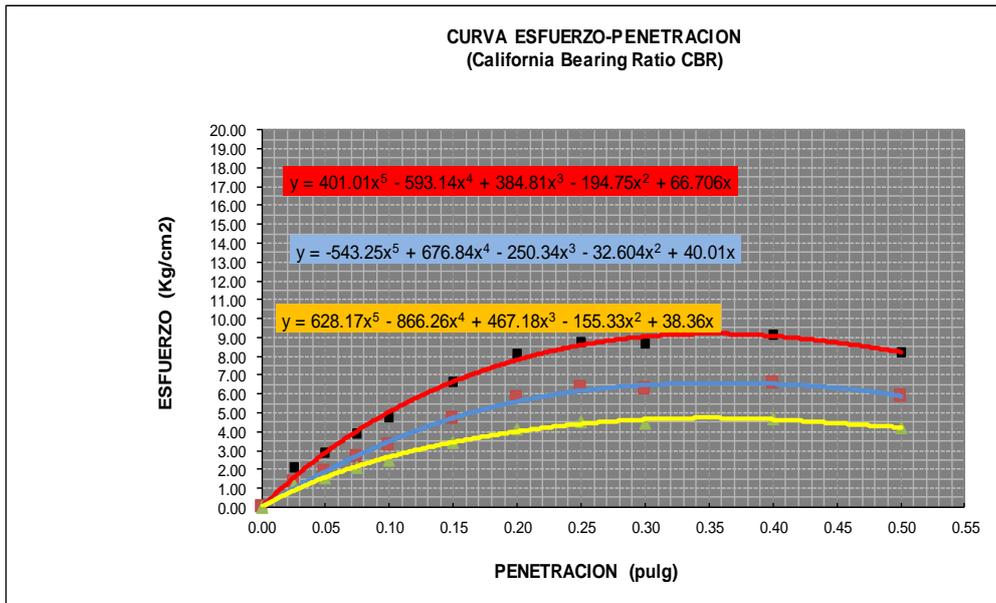
**ENSAYO DE EXPANSION**

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	15.750	0.000	17.05	16.700	0.000	0.00
24	1	0.700	0.700	0.62	15.900	0.150	17.08	16.700	0.000	0.00
48	2	1.000	1.000	0.89	15.900	0.150	17.10	16.700	0.000	0.00
72	3	1.100	1.100	0.98	15.900	0.150	17.13	17.000	0.300	0.27
96	4	1.100	1.100	0.98	15.900	0.150	17.13	17.000	0.300	0.27

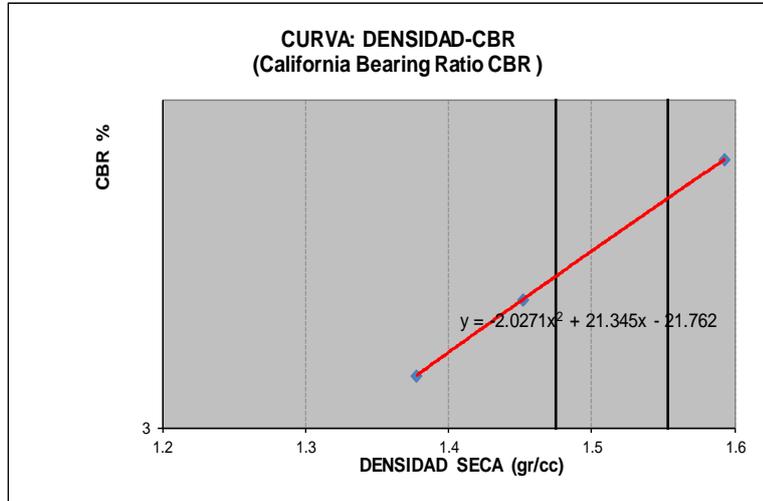


**ENSAYO DE PENETRACION**

CARGA EN KN A0+A1*X+A2*X2+A3*X3		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
AREA PISTON = 19.24cm <sup>2</sup>		56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
(mm)	(pulg)	DIAL	CARGA (KN)	ESFUERZO (KG/CM <sup>2</sup> )	DIAL	CARGA (KN)	ESFUER. (KG/CM <sup>2</sup> )	DIAL	CARGA (KN)	ESFUER. (KG/CM <sup>2</sup> )
0.00	0.000	0.00	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	2.50	0.40493	2.10	1.88	0.25151	1.31	1.25	0.23	1.19
1.27	0.050	6.50	0.55501	2.88	4.88	0.36400	1.89	3.25	0.30	1.57
1.91	0.075	11.90	0.75813	3.94	8.93	0.51616	2.68	5.95	0.40	2.10
2.54	0.100	16.00	0.91273	4.74	12.00	0.63190	3.28	8.00	0.48	2.50
3.81	0.150	25.50	1.27219	6.61	19.13	0.90079	4.68	12.75	0.66	3.43
5.08	0.200	33.00	1.55717	8.09	24.75	1.11375	5.79	16.50	0.80	4.17
6.35	0.250	36.50	1.69051	8.78	27.38	1.21334	6.30	18.25	0.87	4.51
7.62	0.300	36.00	1.67144	8.69	27.00	1.19911	6.23	18.00	0.86	4.46
10.16	0.400	38.50	1.76680	9.18	28.88	1.27031	6.60	19.25	0.91	4.71
12.70	0.500	33.60	1.58001	8.21	25.20	1.13082	5.88	16.80	0.81	4.22



**Kenny Huamani Gamara**  
INGENIERO CIVIL  
C.P. 130033



ESFUERZO KG/CM2 POR MOLDE		
PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	4.99	7.68
MOLDE 2	3.49	5.60
MOLDE 3	2.67	4.01

VALOR CBR EN % POR MOLDE				
	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	1.593	7.10	7.28	7.10
MOLDE 2	1.452	4.96	5.31	4.96
MOLDE 3	1.378	3.80	3.80	3.80

Maxima Densidad Seca (kg/cm3)	1.553	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	6.50
Humedad Optima(%)	21.90%	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	5.32

Observaciones: Muestra Identificada y Remitida por el Solicitante.

Penetracion		presion		
Mm	pulgadas	MN/m2	kgf/cm2	lb/plg2
2.54	0.1	6.9	70.31	1000
5.08	0.2	10.35	105.46	1500

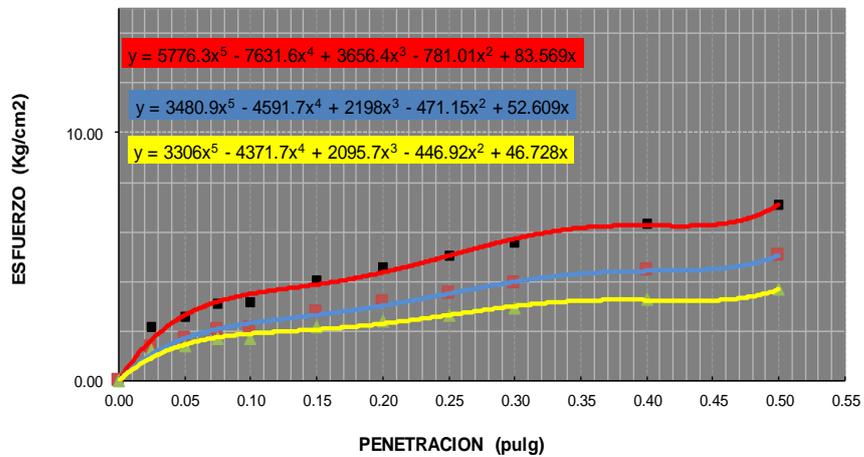


ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) (Método MTC E132 - 2000)											
<b>PROYECTO:</b>		<b>"USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021"</b>									
AUTOR : Carrasco Lapa, Mayker David.						UBICACION : TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA					
N° MUESTRA : C-2 + 12% CENIZA						Ing°. Responsable: Kenny Huamani Gamarra					
FECHA : 5/10/2021											
<b>DATOS GENERALES</b>			1.556		Peso del Martillo		10 lbs		Clasificación de Suelos		
Maxima Densidad Seca (kg/cm3)			22.00%		Altura del Martillo		18 pulg		SUCS CL		
Humedad Optima					Numero de Capas		5 capas		AASTHO A-4(8)		
<b>DATOS DE COMPACTACION</b>			MOLDE: 1		MOLDE: 2		MOLDE: 3		<b>DATOS DEL MOLDE (cm)</b>		
			25 GOLPES		12 GOLPES		6 GOLPES		altura 11.27		
Peso de Muestra Compacta.+ Molde			10919.50		10466.30		10301.50		Diametro 15.29		
Peso Molde (gr)			7011.50		6975.50		6979.00		Volumen 2067.06		
Peso de la Muestra Compacta (gr)			3908.00		3490.80		3322.50				
Vol. Molde (cc)			2067.06		2067.06		2067.06				
Densidad Humeda.(gr/cc)			1.89		1.69		1.61				
<b>DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			C01		C12		C08		C10		
P.Húmedo + Tara			82.60		71.30		153.20		211.20		
Peso Seco + Tara			70.30		61.50		129.20		176.50		
Peso Agua (gr)			12.30		9.80		24.00		34.70		
Peso Tara (gr)			16.30		17.30		22.00		19.20		
P. Muestra Seca			54.00		44.20		107.20		157.30		
Cont. Humedad			22.78%		22.17%		22.39%		22.06%		
Cont.Hum.Prom.			22.47%		22.22%		22.24%				
<b>DENSIDAD SECA</b>			1.544		1.382		1.315				
<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>											
<b>TIEMPO</b>		MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3			
<b>ACUMULADO</b>		LECTURA		HINCHAMIENTO		LECTURA		HINCHAMIENTO		LECTURA	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	
0	0	5.000	0.000	0.00	10.700	0.000	0.00	13.500	0.000	0.00	
24	1	5.400	0.400	0.36	10.800	0.100	0.09	13.600	0.100	0.09	
48	2	5.400	0.400	0.36	10.900	0.200	0.18	13.600	0.100	0.09	
72	3	5.400	0.400	0.36	10.900	0.200	0.18	13.600	0.100	0.09	
96	4	5.400	0.400	0.36	10.900	0.200	0.18	13.600	0.100	0.09	

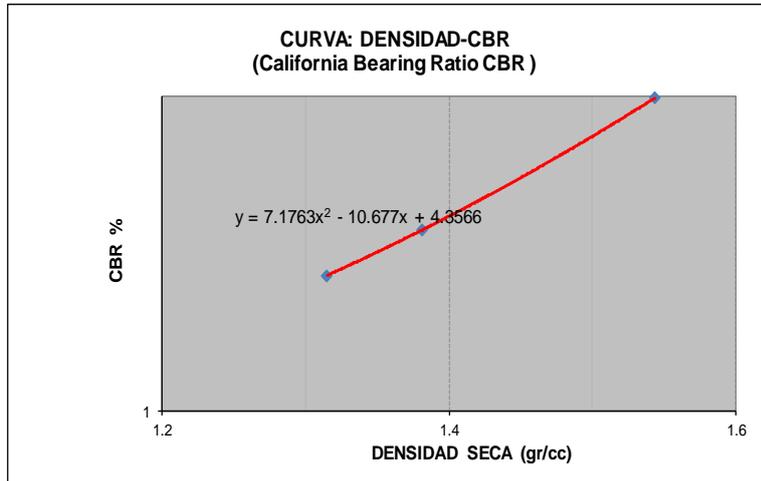
  
 Kenny Huamani Gamarra  
 INGENIERO CIVIL  
 C.P. 130033

ENSAYO DE PENETRACION										
CARGA EN KN A0+A1*X+A2*X2+A3*X3		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
AREA PISTON = 19.24cm <sup>2</sup>		25 GOLPES			12 GOLPES			6 GOLPES		
(mm)	(pulg)	DIAL	CARGA (KN)	ESFUERZO (KG/CM2)	DIAL	CARGA (KN)	ESFUER. (KG/CM2)	DIAL	CARGA (KN)	ESFUER. (KG/CM2)
0.00	0.000	0.00	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	2.80	0.41617	2.16	2.10	0.25994	1.35	1.40	0.23	1.21
1.27	0.050	5.00	0.49869	2.59	3.75	0.32180	1.67	2.50	0.27	1.43
1.91	0.075	7.50	0.59258	3.08	5.63	0.39215	2.04	3.75	0.32	1.67
2.54	0.100	8.00	0.61138	3.18	6.00	0.40623	2.11	4.00	0.33	1.72
3.81	0.150	12.30	0.77320	4.02	9.23	0.52744	2.74	6.15	0.41	2.14
5.08	0.200	15.00	0.87500	4.55	11.25	0.60365	3.14	7.50	0.46	2.40
6.35	0.250	17.50	0.96938	5.04	13.13	0.67429	3.50	8.75	0.51	2.65
7.62	0.300	20.20	1.07144	5.57	15.15	0.75066	3.90	10.10	0.56	2.91
10.16	0.400	24.00	1.21532	6.32	18.00	0.85827	4.46	12.00	0.63	3.28
12.70	0.500	28.00	1.36707	7.10	21.00	0.97171	5.05	14.00	0.71	3.68

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)



*Kenny Huamani Gamarró*  
INGENIERO CIVIL  
C.P. 130033



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	3.50	4.36
MOLDE 2	2.32	3.03
MOLDE 3	1.92	2.33

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	1.544	4.97	4.14	4.97
MOLDE 2	1.382	3.30	2.87	3.30
MOLDE 3	1.315	2.73	2.21	2.73

Maxima Densidad Seca (kg/cm3)	1.556	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	5.12
Humedad Optima(%)	22.00%	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	4.25

**OBSERVACIONES:**

Penetracion		presion		
Mm	pulgadas	MN/m2	kgf/cm2	lb/plg2
2.54	0.1	6.9	70.31	1000
5.08	0.2	10.35	105.46	1500

  
**Kenny Huamani Gamarra**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.P. 130033

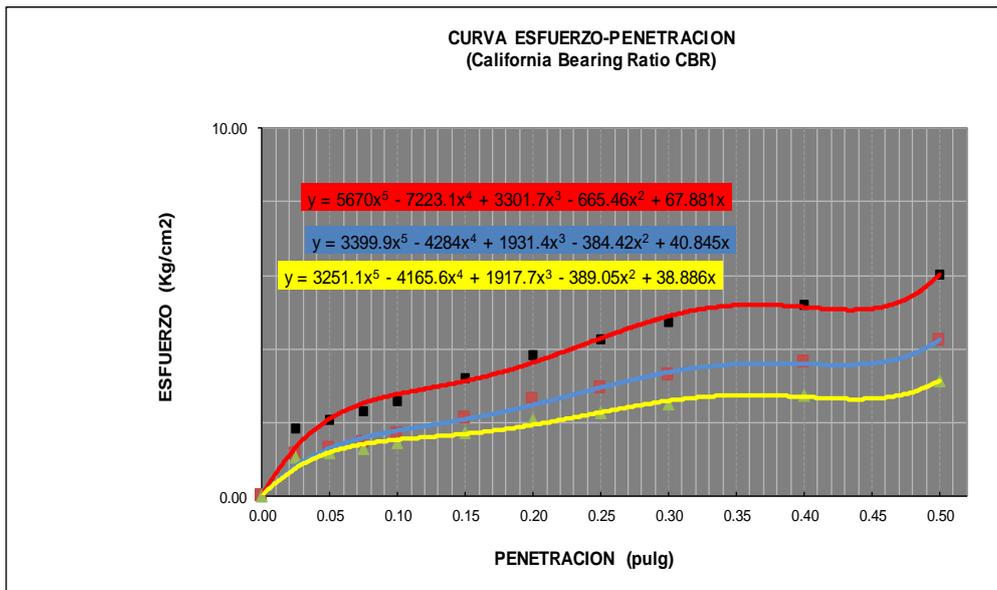
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) (Método MTC E132 - 2000)											
<b>PROYECTO:</b>		<b>"USO DE CENIZAS DE CARBON PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN LA TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA APURIMAC, 2021"</b>									
<b>AUTOR :</b> Carrasco Lapa, Mayker David.					<b>UBICACION :</b> TROCHA CARROZABLE DE PAMPAHURA						
<b>N° MUESTRA :</b> C-2 + 18% CENIZA					<b>Ing° Responsable:</b> Kenny Huamani Gamarra						
<b>FECHA :</b>		5/10/2021									
<b>DATOS GENERALES</b>			1.535		Peso del Martillo		10 lbs		Clasificación de Suelos		
Maxima Densidad Seca (kg/cm <sup>3</sup> )			21.80%		Altura del Martillo		18 pulg		SUCS CL		
Humedad Optima					Numero de Capas		5 capas		AASTHO A-4 (8)		
<b>DATOS DE COMPACTACION</b>			<b>MOLDE: 1</b>		<b>MOLDE: 2</b>		<b>MOLDE: 3</b>		<b>DATOS DEL MOLDE (cm)</b>		
			25 GOLPES		12 GOLPES		6 GOLPES		altura 11.27		
Peso de Muestra Compacta.+ Molde			10867.50		10402.50		10035.00		Diametro 15.29		
Peso Molde (gr)			6968.00		6975.50		6979.00		Volumen 2067.06		
Peso de la Muestra Compacta (gr)			3899.50		3427.00		3056.00				
Vol. Molde (cc)			2067.06		2067.06		2067.06				
Densidad Humeda.(gr/cc)			1.89		1.66		1.48				
<b>DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			<b>C1</b>		<b>C2</b>		<b>C08</b>		<b>C10</b>		
P.Húmedo + Tara			105.20		87.80		128.10		165.30		
Peso Seco + Tara			91.00		76.60		108.60		138.90		
Peso Agua (gr)			14.20		11.20		19.50		26.40		
Peso Tara (gr)			26.90		27.60		22.00		19.20		
P. Muestra Seca			64.10		49.00		86.60		119.70		
Cont. Humedad			22.15%		22.86%		22.52%		22.06%		
<b>Cont.Hum.Prom.</b>			<b>22.51%</b>		<b>22.29%</b>		<b>22.25%</b>				
<b>DENSIDAD SECA</b>			<b>1.540</b>		<b>1.356</b>		<b>1.209</b>				
<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>											
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE 1</b>			<b>MOLDE 2</b>			<b>MOLDE 3</b>			
		<b>LECTURA</b>		<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>		<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	
<b>(Hs)</b>		<b>DEFORM.</b>		<b>(mm)</b>		<b>(%)</b>		<b>DEFORM.</b>		<b>(mm)</b>	
<b>(Días)</b>								<b>DEFORM.</b>		<b>(%)</b>	
0	0	0.000	0.000	0.00	15.500	0.000	0.00	16.260	0.000	0.00	
24	1	0.200	0.200	0.18	15.740	0.240	0.21	16.500	0.240	0.21	
48	2	0.400	0.400	0.36	15.800	0.300	0.27	16.700	0.440	0.39	
72	3	1.000	1.000	0.89	16.000	0.500	0.44	16.700	0.440	0.39	
96	4	1.000	1.000	0.89	16.000	0.500	0.44	16.700	0.440	0.39	

  
 Kenny Huamani Gamarra  
 INGENIERO CIVIL  
 C.P. 130033

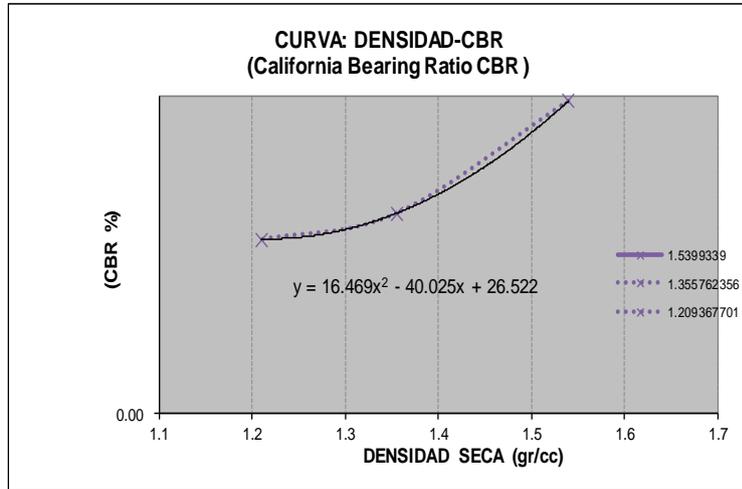
**ENSAYO DE PENETRACION**

CARGA EN KN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
AREA PISTON = 19.24cm <sup>2</sup>		25 GOLPES			12 GOLPES			6 GOLPES		
(mm)	(pulg)	DIAL	CARGA (KN)	ESFUERZO (KG/CM <sup>2</sup> )	DIAL	CARGA (KN)	ESFUER. (KG/CM <sup>2</sup> )	DIAL	CARGA (KN)	ESFUER. (KG/CM <sup>2</sup> )
0.00	0.000	0.00	0.00000	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	1.20	0.35622	1.85	0.90	0.21499	1.12	0.60	0.20	1.06
1.27	0.050	2.30	0.39743	2.07	1.73	0.24589	1.28	1.15	0.22	1.17
1.91	0.075	3.50	0.44242	2.30	2.63	0.27961	1.45	1.75	0.25	1.28
2.54	0.100	5.00	0.49869	2.59	3.75	0.32180	1.67	2.50	0.27	1.43
3.81	0.150	8.10	0.61514	3.20	6.08	0.40905	2.13	4.05	0.33	1.73
5.08	0.200	11.40	0.73930	3.84	8.55	0.50206	2.61	5.70	0.39	2.05
6.35	0.250	13.60	0.82220	4.27	10.20	0.56413	2.93	6.80	0.44	2.27
7.62	0.300	16.00	0.91273	4.74	12.00	0.63190	3.28	8.00	0.48	2.50
10.16	0.400	18.30	0.99960	5.19	13.73	0.69691	3.62	9.15	0.52	2.73
12.70	0.500	22.50	1.15850	6.02	16.88	0.81577	4.24	11.25	0.60	3.14

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)



*Kenny Huamani Gamero*  
INGENIERO CIVIL  
C.P. 130033



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	2.77	3.63
MOLDE 2	1.78	2.48
MOLDE 3	1.55	1.96

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	1.540	3.94	3.44	3.94
MOLDE 2	1.356	2.53	2.35	2.53
MOLDE 3	1.209	2.20	1.86	2.20

Maxima Densidad Seca (kg/cm3)	1.535	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	<b>3.89</b>
Humedad Optima(%)	21.80%	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	<b>3.18</b>

a Identificada y Remitida por el Solicitante.

Penetracion		presion		
Mm	pulgada	MN/m2	kgf/cm2	lb/plg2
<b>2.54</b>	<b>0.1</b>	<b>6.9</b>	<b>70.31</b>	<b>1000</b>
5.08	0.2	10.35	105.5	1500



## ANEXO 10: Resultado TURNITIN

feedback studio MAYKER DAVID CARRASCO LAPA TURNITIN-DPI-2021.pdf

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Uso de Cenizas de Carbón para la Estabilización del suelo en la Trocha Carrocable de Pampahuta Apurímac, 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**AUTOR:**  
Carrasco Lapa, Mayker David  
<https://orcid.org/0000-0002-8895-4323>

**ASESORA:**  
Dra. Arriola Moscoso, Cecilia  
<https://orcid.org/0000-0003-2497-294X>

Resumen de coincidencias

**20 %**

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

Coincidencias

1	repositorio.ucc.edu.pe	9 %
2	hdl.handle.net	2 %
3	Entregado a Universida...	2 %
4	core.ac.uk	1 %
5	Entregado a Universida...	1 %