

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN
VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA
ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS
COHESIVO, HUANCAYO - JUNÍN**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. QUISPE MATAMOROS, Dante Dario

ASESOR:

Ing. HADI MOHAMED, Mohamed Mehdi

Línea de investigación institucional: Transportes y Urbanismo

HUANCAYO – PERÚ

2023

ASESOR

Ing. HADI MOHAMED, Mohamed Mehdi

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a mi Dios, pues me brindo su gracia y sabiduría en mis metas, a mis padres que estuvieron a mi lado en los momentos buenos y malos, a mi esposa que siempre está motivándome a seguir escalando mi carrera profesional.

QUISPE MATAMOROS, Dante Dario

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi asesor por brindarme su apoyo en la elaboración de la tesis y a mis amistades que me ayudaron a cumplir mis objetivos.

QUISPE MATAMOROS, Dante Dario

CONSTANCIA 247

DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVO, HUANCAYO – JUNÍN"

Cuyo autor (a) : Dante Dario, Quispe Matamoros.

Facultad : Ingeniería

Escuela Profesional : Ingeniería Civil

Asesor : Ing. Hadi Mohamed, Mohamed Mehdi.

Que, fue presentado con fecha 24.08.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 25.08.2023; con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía.
- Excluye citas.
- Excluye cadenas menores de a 20 palabras.
- Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **23%**. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el **30%**. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud. Observaciones: ninguna.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presenta constancia.

Huancayo 28 de Agosto del 2023



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

Dr. TAPIA SILGUERA, RUBÉN DARIO
PRESIDENTE

Ing. _____
JURADO REVISOR

Ing. _____
JURADO REVISOR

Ing. _____
JURADO REVISOR

Ing. UNTIVEROS PEÑALOZA, LEONEL
SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE

ÍNDICE	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Delimitación del problema.....	16
1.2.1. Delimitación espacial.....	16
1.2.2. Delimitación temporal	16
1.2.3. Delimitación económica.....	16
1.3. Limitaciones	17
1.4. Formulación y sistematización del problema	17
1.4.1. Problema general	17
1.4.2. Problemas específicos	17
1.5. Justificación	17
1.5.1. Justificación social.....	17
1.5.2. Justificación teórica	18
1.5.3. Justificación metodológica.....	18
1.6. Objetivos	18
1.6.1. Objetivo general	18
1.6.2. Objetivo específico	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes	19
2.1.1. Antecedentes internacionales	19
2.1.2. Antecedentes nacionales	22
2.2. Bases teóricas o científicas.....	24

2.2.1.	Ceniza de carbón vegetal.....	24
2.2.2.	Cáscara de huevo pulverizado	25
2.2.3.	Suelos cohesivos.....	26
2.2.4.	Clasificación de suelos	27
2.2.5.	Propiedades fundamentales de un suelo	32
2.2.6.	Subrasante	35
2.2.7.	Estabilización de suelos	36
2.3.	Marco conceptual.....	37
CAPÍTULO III	.....	39
HIPÓTESIS	.....	39
3.1.	Hipótesis	39
3.1.1.	Hipótesis general.....	39
3.1.2.	Hipótesis específicas.....	39
3.2.	Variables	40
3.2.1.	Definición conceptual de la variable	40
3.2.2.	Definición operacional de la variable	40
3.2.3.	Operacionalización de la variable.....	41
CAPÍTULO IV	.....	42
METODOLOGÍA	.....	42
4.1.	Metodología de investigación.....	42
4.2.	Tipo de investigación	42
4.3.	Nivel de investigación	42
4.4.	Diseño de investigación	43
4.5.	Población y muestra.....	43
4.5.1.	Población.....	43
4.5.2.	Muestra	43
4.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	44
4.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	44
4.7.1.	Procesamiento de la información	44
4.7.2.	Técnicas y análisis de datos.....	44
CAPÍTULO V	.....	45
RESULTADOS	.....	45
5.1.	Ubicación	45

5.2.	Muestreo del suelo.....	46
5.3.	Registro de excavación.....	47
5.4.	Recolección de la ceniza de carbón vegetal	47
5.5.	Reciclaje de la cáscara de huevo	48
5.6.	Comportamiento del suelo	49
5.6.1.	Resultados del análisis granulométrico	49
5.6.2.	Estudio de los Limites de consistencia.....	50
5.6.3.	Ensayo del contenido de humedad del suelo	54
5.6.4.	Equivalente de arena.....	55
5.6.5.	Clasificación del suelo del en estudio.....	57
5.6.6.	Densidad de los componentes	58
5.6.7.	Dosificación del suelo con CCV y CH.....	59
5.6.8.	Resultados del ensayo Proctor modificado	60
5.6.9.	Capacidad de soporte (CBR)	63
5.6.10.	Expansión.....	65
5.7.	Prueba de hipótesis	66
5.7.1.	Hipótesis “a”: Limites de consistencia del suelo	66
5.7.2.	Hipótesis “b”: Densidad Máxima seca	70
5.7.3.	Hipótesis “c”: Capacidad de Soporte (CBR).....	72
CAÍTULO VI	.....	74
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	.....	74
CONCLUSIONES	.....	77
RECOMENDACIONES	.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	79
ANEXOS	.....	81
Anexo N°01:	Matriz de consistencia.....	82
Anexo N°02:	Matriz de operacionalización de variables	83
Anexo N°03:	Matriz de operacionalización de instrumentos	84
Anexo N°04:	Panel Fotográfico	85
Anexo N°05:	Certificados de los ensayos por el Laboratorio	86
Anexo N°06:	Certificados de calibración de los equipos	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Composición química de la cáscara de huevo	25
Tabla N° 2: Simbología de grupo por el método SUCS.....	28
Tabla N° 3: Clasificación de suelos según el Índice de Grupo.....	31
Tabla N° 4: Cantidad requerida para el ensayo de análisis granulométrico.....	32
Tabla N° 5: Clasificación granulométrica del suelo según tamaño de partículas	32
Tabla N° 6: Clasificación de suelos por el Índice de Plasticidad.....	33
Tabla N° 7: Clasificación de suelos por su Equivalente de Arena	34
Tabla N° 8: Valor relativo de Soporte (CBR) en la Subrasante	34
Tabla N° 9: Valor del CBR en el afirmado, sub base y base granular	35
Tabla N° 10: Tipo de estabilizador para los suelos inestables.....	36
Tabla N° 11: Dosificación del tipo de estabilizador de suelos	37
Tabla N° 12: Cuadro de operacionalización de variables.....	41
Tabla N° 13: Detalle de la muestra de al incorporar la CCV + CH.....	43
Tabla N° 14: Valores del análisis granulométrico del suelo estudiado.....	49
Tabla N° 15: Resultado del ensayo Límite Líquido con la adición de CCV y CH.....	50
Tabla N° 16: Resultados del ensayo del límite plástico del suelo estabilizado con CCV y CH.....	52
Tabla N° 17: Resultados obtenidos del Índice de Plasticidad del suelo estabilizado con Ceniza de Carbón Vegetal y Cáscara de Huevo molido	53
Tabla N° 18: Resultados de contenido de humedad del suelo natural y experimental..	54
Tabla N° 19: Resultados del equivalente de arena de la muestra adicionada con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido	55
Tabla N° 20: Verificación de la clasificación del suelo Natural	58
Tabla N° 21: Resultados de las densidades de los componentes estabilizadores de la investigación	58
Tabla N° 22: Cuadro de detalle de la dosificación de un suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido	59
Tabla N° 23: Resultados de la densidad máxima seca al adicionar la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido	60
Tabla N° 24: Resultados del Optimo Contenido de Humedad.....	61
Tabla N° 25: Comparación del contenido de humedad natural Vs el optimo contenido de humedad del Proctor modificado.....	62
Tabla N° 26: Comparación del optimo contenido de humedad del suelo natural Vs las muestras experimentales.....	63
Tabla N° 27: Resultados del CBR del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido	63
Tabla N° 28: Resultados de la expansión del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo	65
Tabla N° 29: Resultados de la prueba de hipótesis T de student del cumplimiento de la muestra natural con la normativa enfocada al Límite Líquido	66

Tabla N° 30: Resultados de la prueba de hipótesis T de student Límite Líquido del suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido.....	67
Tabla N° 31: Resultados de la prueba de hipótesis T de student del cumplimiento de la muestra natural con la normativa enfocada al Límite Plástico	68
Tabla N° 32: Resultados de la prueba de hipótesis T de student - Límite Plástico del suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido	69
Tabla N° 33: Resultados de la prueba de hipótesis T de student del cumplimiento de la muestra natural con la normativa enfocada a la Densidad Máxima Seca.....	70
Tabla N° 34: Resultados de la prueba de hipótesis T de student para la Densidad Máxima Seca del suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido	71
Tabla N° 35: Resultados de la prueba de hipótesis T de student del cumplimiento de la muestra natural con la normativa enfocada a la capacidad de soporte (CBR).....	72
Tabla N° 36: Resultados de la prueba de hipótesis T de student para la Capacidad de Soporte (CBR) del suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Proceso de obtención del carbón vegetal.....	24
Figura N° 2: Obtención de la ceniza por medio de la combustión del carbón vegetal.	25
Figura N° 3: Esquema de la estructura de la cáscara de huevo	26
Figura N° 4: Diagrama de flujo para la clasificación de suelos de partículas gruesas (SUCS) -ASTM D 2487.....	28
Figura N° 5: Carta de plasticidad	29
Figura N° 6: Diagrama de flujo para suelos limosos y arcillosos	29
Figura N° 7: Diagrama de flujo para suelos orgánicos de partículas finas	30
Figura N° 8: Sistema de clasificación de suelos AASHTO.....	31
Figura N° 9: Imagen satelital del lugar de extracción de la muestra	45
Figura N° 10: Exploración del suelo de estudio con una calicata.....	46
Figura N° 11: Resultados del registro de excavación del suelo estudiado	47
Figura N° 12: Tamizaje de la ceniza de carbón vegetal reciclada.....	48
Figura N° 13: Preparación de la cáscara de huevo en polvo	48
Figura N° 14: Elaboración del ensayo de granulometría en suelos	49
Figura N° 15: Ensayo del límite líquido del suelo estabilizado con CCV y CH	51
Figura N° 16: Ensayo de contenido de humedad del suelo incorporado la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido.....	55
Figura N° 17: Ensayo de equivalente de arena.....	56
Figura N° 18: Equipo para el ensayo de densidad máxima y mínima	59
Figura N° 19: Ensayo de Proctor modificado	62
Figura N° 20: Ensayo del CBR del suelo estabilizado con CCV y CH	64
Figura N° 21: Ensayo de expansibilidad del suelo estabilizado	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: <i>Curva granulométrica del suelo estudiado</i>	50
Gráfico N° 2: <i>Comportamiento del límite líquido del suelo estabilizado con CCV y CH</i>	51
Gráfico N° 3: <i>Comportamiento del límite plástico del suelo estabilizado con CCV y CH</i>	52
Gráfico N° 4: <i>Análisis del índice de plasticidad del suelo estabilizado con CCV y CH</i>	53
Gráfico N° 5: <i>Comportamiento del contenido de humedad del suelo adicionado la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo</i>	54
Gráfico N° 6: <i>Comportamiento del ensayo de equivalente de arena del suelo incorporado CCV y CH</i>	56
Gráfico N° 7: <i>Comparación de las densidades de la ceniza de carbón vegetal y cascara de huevo molido</i>	58
Gráfico N° 8: <i>Comportamiento de la densidad máxima del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo</i>	60
Gráfico N° 9: <i>Comportamiento del optimo contenido de humedad del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido</i>	61
Gráfico N° 10: <i>Comportamiento de la capacidad de soporte (CBR) del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido</i>	64
Gráfico N° 11: <i>Comportamiento de la expansión del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y Cáscara de Huevo molido</i>	65

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es la eficacia de incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos, Huancayo – Junín?, el objetivo general fue: Evaluar la eficacia de incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos, y la hipótesis general fue: La incorporación de la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo es eficiente en la estabilización de la subrasante del suelo cohesivo.

El método de investigación es científico, el tipo de investigación es aplicada, el nivel de investigación es explicativo y el diseño es experimental, la población estuvo conformada por un suelo cohesivo, donde se estudió 4 ensayo de Proctor modificado, 4 ensayos para el CBR, 4 límites líquidos y 4 límites plásticos, la muestra está designado por los porcentajes a adicionar, siendo un 15%, 20% y 25% de ceniza de carbón vegetal y 10%, 15% y 20% de cáscara de huevo molido en la estabilización del suelo.

Se concluye que la incorporación de la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido mejora la estabilización del suelo cohesivo a nivel de subrasante, a la vez cumple con los parámetros establecidos por el manual de carreteras del ministerio de transportes y comunicaciones.

Palabras Claves: Estabilización de suelos cohesivos, ceniza de carbón vegetal, cáscara de huevo.

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem: What is the effectiveness of incorporating charcoal ash and eggshell in the stabilization of the subgrade of cohesive soils, Huancayo - Junín? the general objective was: Evaluate the effectiveness of incorporating charcoal ash and eggshell in cohesive soil subgrade stabilization, and the general hypothesis was: The incorporation of charcoal ash and eggshell is efficient in cohesive soil subgrade stabilization.

The research method is scientific, the type of research is applied, the level of research is explanatory and the design is experimental, the population was made up of a cohesive soil, where 4 modified Proctor tests were studied, 4 tests for the CBR, 4 liquid limits and 4 plastic limits, the sample is designated by the percentages to be added, being 15%, 20% and 25% charcoal ash and 10%, 15% and 20% ground eggshell in stabilization ground.

It is concluded that the incorporation of charcoal ash and ground eggshell improves the stabilization of the cohesive soil at the subgrade level, while complying with the parameters established by the road manual of the Ministry of Transport and Communications.

Keywords: Stabilization of cohesive soils, charcoal ash, eggshell.

INTRODUCCIÓN

Uno de los primordiales fallas de una carretera es por contener un suelo cohesivo que al estar saturado por un largo periodo puede fallar, por lo que existen varios químicos estabilizadores, pero la gran mayoría de estos productos contribuyen con la contaminación en su proceso de fabricación, por lo que se planteó una alternativa de solución con la presente investigación titulada: “Incorporación de la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivo, Huancayo – Junín”.

Se empleo un método científico con un enfoque cuantitativo, el objetivo es estabilizar el suelo cohesivo de manera eficiente al incorporar a la vez el 15%,20% y 25% de ceniza de carbón vegetal y el 10%, 15% y 20% de cáscara de huevo molido, por lo que se sometió a los ensayos de límites de consistencia, Proctor modificado y capacidad de soporte (CBR).

La estructura de la tesis está conformada por los siguientes capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del problema: Se muestra la descripción de la realidad problemática, delimitaciones, limitaciones, formulación del problema, justificación y objetivos.

Capítulo II: Marco Teórico: Se encuentra los antecedentes nacionales e internacionales, bases teóricas, marco conceptual.

Capítulo III: Hipótesis: Formulación de hipótesis y variables

Capítulo IV: Metodología: Se encuentra el tipo, nivel, diseño y método de investigación, población y muestra, técnicas de recopilación de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Capítulo V: Resultados: Se encuentra os datos esquematizados en cuadros, diagramas estadísticos para ser evaluados con la prueba de hipótesis.

Capítulo VI: Análisis y discusión de resultados: Se realiza una comparación con las normas relacionados al tema de investigación.

Finalmente se culmina con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En todo el mundo se viene realizando las construcciones de carreteras para fomentar el desarrollo económico de su población, la estructura donde se transita presenta una capa superficial o suelo natural, que pueden ser inestables por ende son mejorados con diversos productos como el cemento, cal, químicos y sales, para incrementar su resistencia y sean duraderos al ser sometido a cargas vehiculares.

Según el centro de comercio exterior (CCEX) de la cámara de comercio, la red vial en el Perú está compuesta por 95 863 km y solo el 16% se encuentra pavimentado mientras que el 84% restante se encuentra en afirmado y trocha, siendo una debilidad para el Perú, ya que las vías son uno de los pilares para el desarrollo económico como la capacidad de circular en menos tiempo y reducir costos al trasladar productos hacia los mercados locales e internacionales.

En el distrito de Huancayo, sector Chorrillos, presenta suelos cohesivos, siendo un problema a nivel de subrasante y la gran mayoría de sus vías son de afirmado, generando malestar a los pobladores en épocas de lluvia que ocasiona el deterioro de la vía como ahuellamiento, baches y ondulaciones, debido a la inestabilidad de su subrasante.

En la provincia de Huancayo se ubican los hornos artesanales para la cocción de los ladrillos, presentando residuos de cenizas de carbón vegetal, por lo que genera contaminación ambiental y enfermedades respiratorias a los usuarios que están en contacto con este material.

Por lo tanto, esta investigación busca estabilizar los suelos cohesivos a nivel subrasante al incorporar porcentajes de ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo, por lo que se evaluó su comportamiento físico y mecánico, con la finalidad de mejorar su resistencia al ser sometidas a cargas vehiculares, también se busca disminuir el costo de los materiales estabilizadores y fomentar el reciclaje, disminuir las enfermedades respiratorias en la población y a las vez contribuir el cuidado del medioambiente.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se delimita espacialmente en el laboratorio de ensayos de materiales MASTERESPI S.A.C. ubicado en la región de Junín, provincia de Huancayo, distrito del Tambo.

1.2.2. Delimitación temporal

El proceso de la investigación tuvo un tiempo de duración de 6 meses el cual se inició el mes de diciembre del 2022 hasta el mes de mayo del 2023, en el que se recopiló la información, se procesó y analizó, con la finalidad de obtener los resultados que pueda ayudar a contribuir con la estabilización de subrasante.

1.2.3. Delimitación económica

Todos los gastos de la investigación fueron cubiertos por el investigador en su totalidad.

1.3. Limitaciones

En la provincia de Huancayo no se cuenta con plantas de reciclaje que se dedique a la recolección de los materiales específicos de la presente investigación que es la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo, afectando en la adquisición de los materiales, de manera que se recolecto de diversos establecimientos comerciales que emplean dichos materiales en cantidad.

1.4. Formulación y sistematización del problema

1.4.1. Problema general

¿Cuál es la eficacia de incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos, Huancayo – Junín?

1.4.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la variación de los límites de consistencia al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos?
- b) ¿De qué manera varía la densidad máxima seca al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos?
- c) ¿Cómo se modifica la capacidad de soporte (CBR) al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos?

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación social

Con esta investigación se busca estabilizar los suelos cohesivos a nivel de subrasante con residuos de la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo con la finalidad de aplicar una tecnología ecológica por medio del reciclaje, a la vez concientizar a la población sobre el beneficio de emplear estos materiales residuales en el mundo de la construcción de carreteras y fomentar el cuidado del medio ambiente.

1.5.2. Justificación teórica

La presente investigación proporciona información con respecto al método de dosificación al emplear los residuos de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de suelos cohesivos a nivel subrasante.

1.5.3. Justificación metodológica

Se evaluó la estabilización de suelos cohesivos con la incorporación de materiales residuales por medio de ensayos y parámetros que se mencionan en las especificaciones técnicas generales en el sector de la construcción del ministerio de transportes a nivel de subrasante.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la eficacia de incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos, Huancayo - Junín.

1.6.2. Objetivo específico

- a) Determinar la variación de los límites de consistencia al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.
- b) Determinar la variación de la densidad máxima seca al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.
- c) Determinar cómo se modifica la capacidad de soporte (CBR) al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

García y Morales (2021), realizaron la investigación: “Análisis de la estabilización de un suelo arcilloso con cáscara de huevo pulverizado añadidas”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad de La Salle, Colombia. El objetivo general fue analizar y comparar el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de un suelo arcilloso expansivo, con adición de cascara de huevo y cal, comparando diferentes porcentajes de estos, su metodología es experimental, los autores concluyen que al realizar los ensayos de límites de consistencia con el aditivo de CHP y cal, disminuye el índice de plasticidad del suelo arcilloso, presentando un mejor resultado del IP de 22 fue con el 4.5% de Cal y 1% de CHP. La evaluación de la expansión se reduce en 1.73% al utilizar la cascara de huevo pulverizado mejorando el suelo natural.

Se encontró mejores resultados al adicionar la CHP y Cal en el ensayo de la capacidad de soporte (CBR) al ser sometido a una carga puntual, es decir que no se puede remplazar en su totalidad la cal por la cascara de huevo pulverizado, por lo que se presentó mejoría en las propiedades de resistencia del suelo con el 4.5% de cal y 1% de CHP.

Parra (2018), realizo la investigación: “Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Católica de Colombia. El objetivo general fue realizar la estabilización química de un suelo, mediante la adición de cal y ceniza en diferentes porcentajes para determinar la dosificación optima de estabilizante, la metodología que se empleo es experimental, el autor concluye que al adicionar la cal viva mejora el comportamiento del suelo a tracción y compresión especialmente al emplear el 8% de dicho componente, a diferencia de la ceniza volante que no mejora la resistencia a compresión presentando una deformación de un 9.8%, volviéndose más dúctil, limitando el aumento de su resistencia, pero se obtuvo óptimos resultados en el ensayo a tracción. Técnicamente se puede ver que estos materiales mejoran en puntos específicos el suelo arcilloso puesto que ayuda a reducir costos.

Cañar (2017), realizo la investigación: “Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con ceniza de carbón”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. El objetivo principal es evaluar los resultados de resistencia al corte entre suelos arenosos finos y arcillosos, también su comportamiento mecánico en la estabilización en dichos suelos al adicionar la ceniza de carbón, la metodología fue de nivel exploratorio, descriptivo y explicativo, el tipo de investigación fue experimental, el autor concluye que la adición de ceniza de carbón mejora el suelo arcilloso en reducir de expansión, se compacta y aumenta su resistencia al corte, de igual modo se mejora el comportamiento de los suelos arenosos pero con altas cantidades de ceniza de carbón. Las pruebas realizadas indican que al combinar la ceniza de carbón con los suelos arenosos y arcilloso disminuye la humedad, expansión y la plasticidad de los suelos.

Guamán (2016), realizó la investigación: “Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (Cal y Cloruro de sodio)”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. El objetivo general es analizar el comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado con componentes químicos (cal y cloruro de sodio) en el laboratorio, la metodología utilizada fue de nivel explicativo y experimental, el autor concluye que al emplear el cloruro de sodio mejora la trabajabilidad y acelera su compactación, de igual modo el uso de la cal mejora el comportamiento del suelo pero no tanto como el Cloruro de Sodio, con la utilización del 12.5% de dichos componentes cumple el límites de Atterberg y el índice de plasticidad, con el tema de expansión se incrementa al adicionar más porcentaje de cloruro de sodio , al contrario con la cal que se reduce el esponjamiento cuanto se adiciona más cantidad de dicho material, el CBR de los suelos estabilizados con Cal cumplen el parámetro como mínimo de 20% siendo 20.8% y 26%, mientras que el suelo estabilizado con cloruro de sodio no cumple con las especificaciones.

Morales (2015), realizó la investigación: “Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad de Medellín, Colombia. El objetivo general fue la evaluación del efecto del método de curado en el comportamiento mecánico de mezclas de suelo adicionadas con ceniza de carbón activadas alcalinamente, con el fin de mejorar una vía no pavimentada, la metodología aplicada fue experimental, el autor concluye que al ser sometido al tiempo de curado el suelo de arcilla con ceniza de carbón con hidróxido de sodio se obtuvieron mejores condiciones de humedad obteniendo una resistencia promedio a compresión de 270 kPa, para el suelo Urrao llega a 240kPa, a diferencia de las arenilla no se obtuvieron resultados satisfactorios, el tamaño de las partículas de la ceniza de carbón se recomienda el tamizaje por la malla N°100 para que tenga un comportamiento similar al cemento e incrementar más porcentaje, el uso de la ceniza no logra cumplir la resistencia a compresión mínima de 2100 kPa en las muestras, según la norma de INVIAS.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vilca (2021), realizo la investigación: “Mejoramiento de suelos arcillosos a nivel de subrasantes con la incorporación de polvo de cáscara de huevo en Pichiwillca - La Mar- Ayacucho,2021”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad César Vallejo, Perú. El objetivo general fue evaluar el mejoramiento de los suelos arcillosos a nivel de subrasante con la incorporación de polvo de cáscara de huevo, la metodología utilizada fue experimental, el autor concluye que al adicionar el polvo de cascara de huevo mejora su resistencia al esfuerzo mediante el ensayo de CBR al 95% de los suelos arcillosos, con la incorporación del 5% de PCH obteniendo un valor de 3.2%, con adicción del PCH de un 10% tiene un CBR de 5.2% y con el 15% presenta un CBR de 7.0%, siendo el resultado más alto. Con el porcentaje incorporado del polvo de cáscara de huevo en la estabilización de un suelo arcilloso influye de manera significativa donde aumenta su densidad máxima seca y reduce su optima contenido de humedad.

Marcelo (2020), realizo la investigación: “Estabilización de suelos arcillosos aplicando cáscara de huevo y cal, carretera de Pasco – Yanahuanca,2019”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad César Vallejo, Perú. El objetivo general fue determinar la influencia de la cáscara de huevo y cal en la estabilización de los suelos arcillosos, la metodología utilizada fue experimental, el autor concluye que al realizar un análisis comparativo del comportamiento de un suelos arcillosos al ser incorporados la cáscara de huevo y cal, donde ambos logran mejorar este suelo pero el que incremento sus mejoras fue la cal, como por ejemplo se reduce contenido de humedad donde la muestra patrón presento 9.4%, con la adición de la pulverización de la cáscara de huevo fue 7.6% y con la adición de la cal fue de 3%, incrementa su densidad máxima seca con la adicción de la cáscara de huevo del 6% y 9% es 1.902 gr/cm³ y 1.914 gr/cm³, para la cal con los mismos porcentajes que se añadió fue de 1.936 gr/cm³ y 1.971 gr/cm³ y la muestra natural fue de 1.891 gr/cm³, en cuanto al CBR para la cáscara de huevo fue de 6.4% y 7.1%, para el suelo que se incorporó la cal es de 18.1% y 13% comparado con la muestra patrón que es de 4.1%.

Chilcon y León (2020), realizaron la investigación: “Evaluación de estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante de la Av. Cuzco, Distrito de San Martín de Porres, 2020”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad César Vallejo, Perú. El objetivo general fue determinar la influencia de la ceniza de carbón en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante, la metodología fue experimental y del tipo de investigación aplicada, los autores concluyen que al incorporar la ceniza de carbón a nivel de subrasante mejora las propiedades físicas y mecánicas donde incrementa su contenido de humedad con el 13% de CC fue 28.375, 21% de CC es 29.27% y el 24% de CC es 30.0%, la muestra del suelo natural es de 27%, en la determinación del índice de plasticidad se reduce al incorporar dicho porcentaje de ceniza de carbón obtenido 21.4%, 18.4% y 16.6% al diferencia de la muestra patrón que es 24%, para el CBR se tiene el 9.815%, 10.20% y 10.7% comparado con la muestra natural que es 9.10%.

Rimachi y Sánchez (2019), realizaron la investigación: “Estabilización de suelos con adición de ceniza de cáscara de coco al 0.5%, 1.5%, 3%, 5% y 8%, a nivel de subrasante en el sector de Lampanin, Distrito de Cáceres del Perú, Provincia del Santa, Ancash-2019”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad César Vallejo, Perú. El objetivo general fue determinar la factibilidad de la estabilización de suelos con adición de ceniza de cáscara de coco a nivel de subrasante, la metodología aplicada fue experimental, los autores concluyen que es factible el uso de ceniza de cáscara de coco al 3% en la estabilización del suelo de Lampanin-Ancash a nivel de subrasante, por lo que se sometió a varios ensayos para determinar el comportamiento físico y mecánico del suelo, donde se determinó un suelo granular con partículas finas limosas, se incrementa su CBR al realizar la penetración con el 0.1” al adicionar los porcentajes 0.5%, 1.5% y 3.0% se obtiene un 16.54% de resistencia, mientras que al adicionar el 5% y 8% no mejora su comportamiento de dicho suelo, en el ensayo de Proctor modificado la humedad óptima se incrementa al adicionar más dicho componente, de igual manera se incrementa su densidad máxima seca al adicionar la ceniza de carbón, también se sometió a un análisis de fluorescencia de rayos X a la muestra experimental donde se encontró el SiO₂ que mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Olger (2019), realizo la investigación: “Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. El objetivo principal fue evaluar la influencia que tiene un subproducto obtenido de la quema de carbón mineral y carbón vegetal (ceniza) proveniente de una industria de ladrillera en la mejora de las propiedades mecánicas del suelo, la metodología fue experimental, el autor concluye que al adicionar la ceniza de carbón en los porcentajes de 15%, 20% y 25% mejora las propiedades del suelo arcilloso y limoso, pero no alcanzan los valores designados en el manual de carreteras donde la calicata 1 obtuvo el 3.5% y la calicata 2 fue el 3.7% siendo estos valores más altos.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Ceniza de carbón vegetal

Este producto es 100% natural que se obtiene por medio de la carbonización directa de plantas como por ejemplo se calienta la madera y otros residuos de origen vegetal a una temperatura de 400 y 700 °C en un lugar encapsulado donde no permite el pase del aire, obteniéndose un material sólido y poroso con un alto contenido de carbón que es comercializado en cantidad para el uso de los hogares y restaurantes, que sirve para realizar la cocción de sus alimentos, generando residuos en forma de ceniza, que es un material fino, que es comparable a la del cemento portland, el peso específico de este material oscila entre 2.0 y 2.9 g/cm³. (ASHES, 2019)

Figura N° 1: Proceso de obtención del carbón vegetal



Fuente: (FAO, 2014)

Figura N° 2: Obtención de la ceniza por medio de la combustión del carbón vegetal



Fuente: ASHES (2022)

2.2.2. Cáscara de huevo pulverizado

Está compuesta por carbonato de calcio, contiene alrededor de 750 a 800 mg de calcio, es la capa protectora del huevo que ocupa el 11% del total, su estructura es porosa, porque permite el ingreso del oxígeno y libera el dióxido de carbono, también elimina la humedad hacia afuera, se encuentra rodeado por una cutícula que ayuda evitar el ingreso de microorganismo, el espesor de la cáscara como mínimo tiene 0.33 mm. (Stadelman, y otros, 1973)

2.2.2.1. Composición química

Según Stadelman y Cotterill (1973) mencionan que la cáscara de huevo está conformada en su mayoría por el calcio, los otros componentes en menor medida está el sodio, magnesio, zinc, manganeso, hierro, cobre, aluminio y boro.

Tabla N° 1: Composición química de la cáscara de huevo

Parámetros	Resultados
Carbonato de calcio	94%
Carbonato de magnesio	1%
Fosfato de Calcio	1%
Material Orgánico	4%



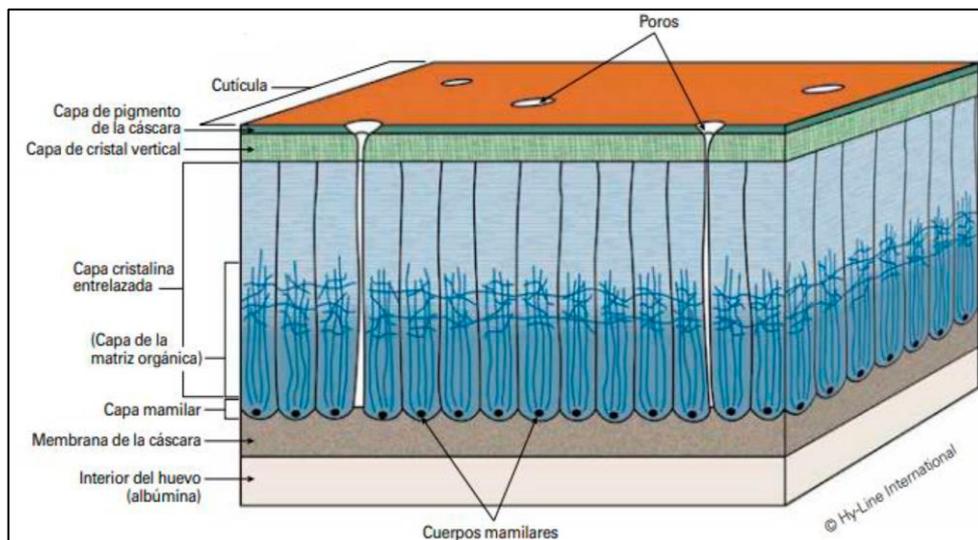
Fuente: Stadelman, y Cotterill (1973)

2.2.2.2. Estructura de la cáscara de huevo

Según el SISB (2004) menciona que estructuralmente la cáscara de huevo está compuesta por cuatro capas:

- a. **Capa de las membranas de la Cáscara:** Es la parte más interna de la cáscara de huevo y está conformado por fibras que pesan 145 mg, pero a la vez comprende dos capas, la primera se encuentra en contacto con la albumina con un espesor de 20 μm y el otro situado en la parte externa que es la zona con minerales con un espesor de 50 μm , está constituido por el 2% de azúcares, 3% de lípidos y el 95% de proteínas.
- b. **Capa mamilar:** Es donde se inicia la mineralización por la acumulación de cristales de calcita, el grosor de esta capa comprende 100 μm .
- c. **Capa en empalizada:** Es la capa más gruesa de la cáscara de huevo que tiene un grosor de 200 – 350 μm , está compuesta por carbonato de calcio y el componente orgánico que es las proteínas de los polisacáridos y un poco de lípidos.
- d. **Cutícula:** Es la capa externa del huevo que tiene glicoproteínas y se encuentra los pigmentos de la coloración de la cáscara, su grosor es de 10 μm , una de sus funciones es cubrir los poros para preservar el interior del huevo ante los agentes microbianos.

Figura N° 3: Esquema de la estructura de la cáscara de huevo



Fuente: Calvo (2019)

2.2.3. Suelos cohesivos

Se caracterizan por tener un tamaño menor a 0.08 mm, este tipo de suelos tiene la propiedad de baja permeabilidad, cuando está en contacto con el agua presenta una dificultad al filtrar por tener un reducido tamaño de sus poros, pero

si esto se satura por un largo periodo se puede colapsar, al romperse la unión de sus partículas, para evitar esta situación se requiere una buena compactación entre un 85% de arcillas y el 40-60% para arenas y limos. (Bañón y Beviá, 2000, pág. 3)

Dentro de los suelos cohesivos se dividen en dos grupos:

- ❖ Limos: El tamaño de sus partículas se encuentra entre 0.02 y 0.002 mm, partículas en forma redonda, mayor permeabilidad, no es expansiva.
- ❖ Arcillas: Está compuesta por partículas microscópicas producto de la meteorización de química de las rocas, sus partículas son en forma laminar, es expansiva, baja permeabilidad.

2.2.4. Clasificación de suelos

Por la complejidad y la variedad de suelos que se presenta en la naturaleza, se debe realizar un estudio completos y sintetizados entre estos el más resaltantes el análisis granulométrico y la plasticidad que permite identificar el tipo de suelo el cual se predice el comportamiento mecánico, para obras geotécnicas prefieren el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), mientras que el departamento de carreteras prefiere el sistema de clasificación AASHTO. (Braja, 2015, pág. 35)

2.2.4.1. Método SUCS

Según Braja (2015, pag.39), este sistema fue propuesto por Casagrande en el año 1942 para la construcción del aeropuerto ejecutada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército en la Segunda Guerra mundial con la colaboración de la oficina de restauración de Estados Unidos, por lo que actualmente se sigue utilizando por los ingenieros, este sistema clasifica en dos categorías al suelo:

- ❖ **Suelos de grano grueso:** Son del tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla N°200, la simbología que se utiliza al comienzo es “G” que significa suelo gravoso y “S” es un suelo arenoso.
- ❖ **Suelos de grano fino:** Es cuando pasa más del 50% de la malla N°200, la simbología empieza con “M” es un suelo limo inorgánico, “C” es arcilla inorgánica, “O” para limos y arcillas orgánicas.

Tabla N° 2: Simbología de grupo por el método SUCS

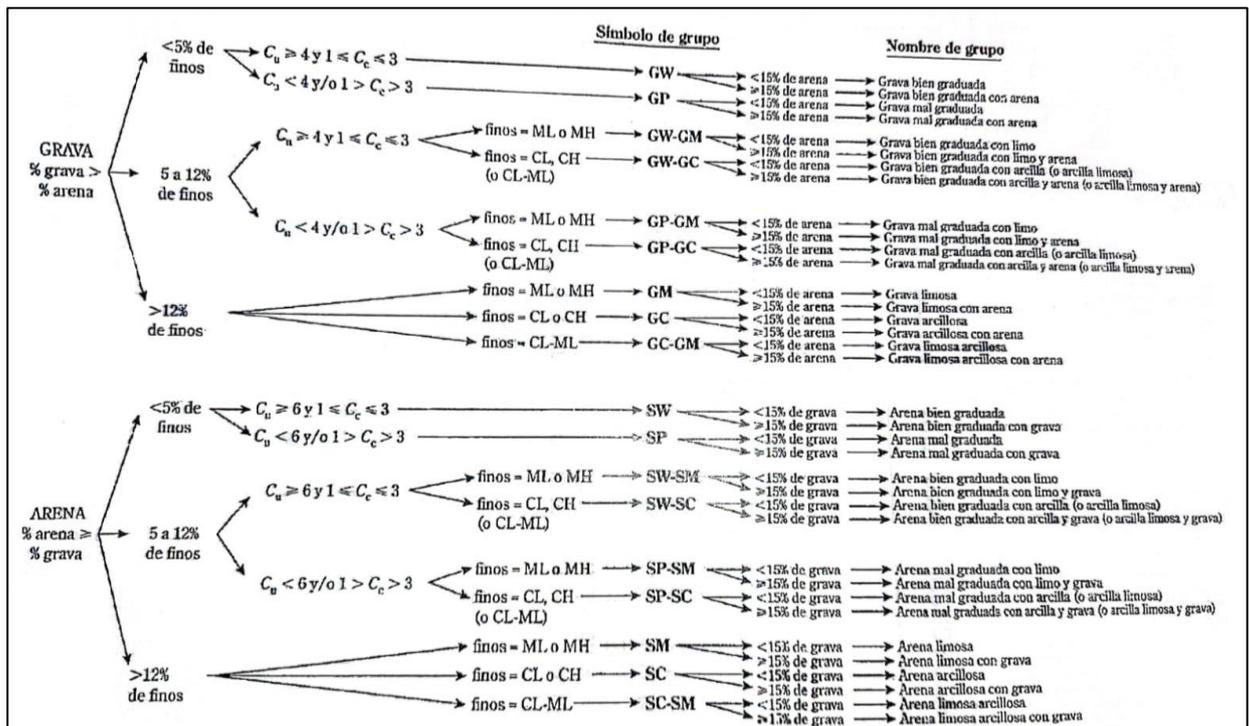
Tipo de suelo	Prefijo	Sub-Grupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobremente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite Líquido alto (>50) -Baja plasticidad	L
Turba	Pt	Límite Líquido Bajo (<50) - Alta plasticidad	H

Fuente: Bañón y Beviá (2000, pág. 21)

La información requerida para realizar la clasificación SUCS según Braja (2015, pag.41) es el siguiente:

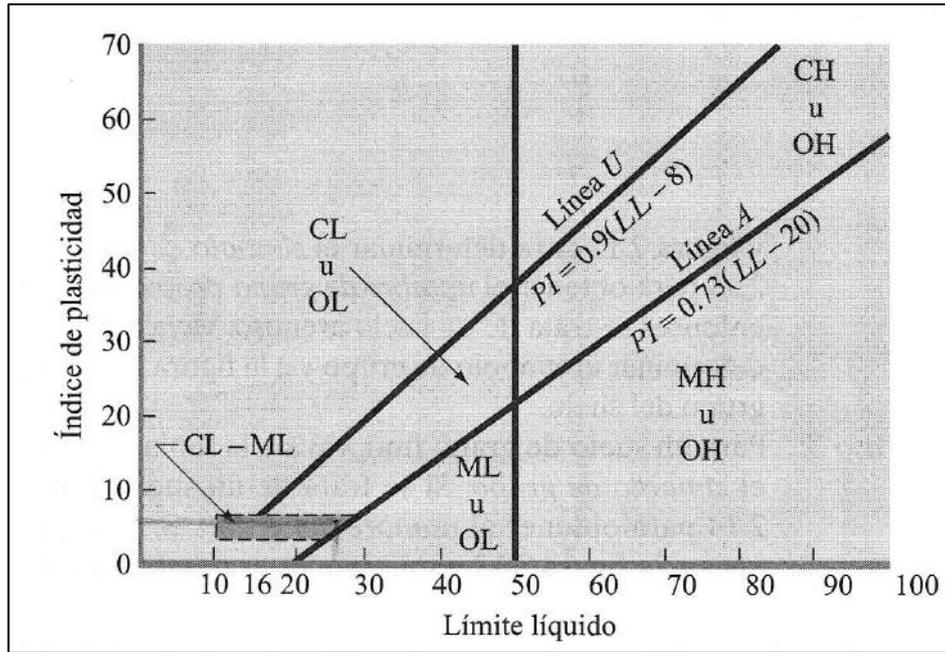
- El porcentaje de grava, pasante de la malla 3" y retenido en la malla N°4
- Porcentaje de arena, pasante de la malla N°4 y retenido en el tamiz N°200
- Porcentaje de limo y arcilla, son las partículas que pasan la malla N°200
- Coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cz)
- Limite líquido e índice de plasticidad del material pasante de la malla N°40

Figura N° 4: Diagrama de flujo para la clasificación de suelos de partículas gruesas (SUCS) - ASTM D 2487



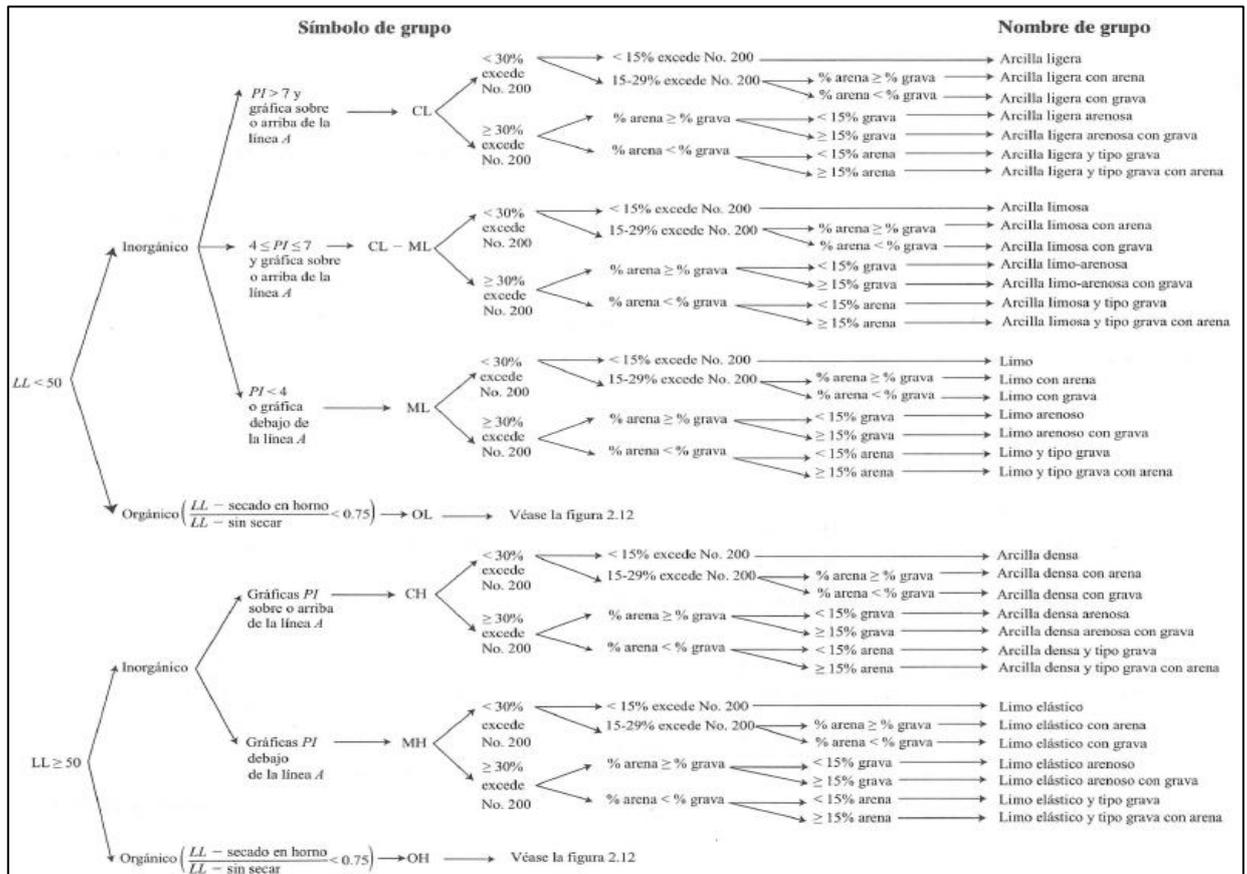
Fuente: ASTM D248 (2011)

Figura N° 5: Carta de plasticidad



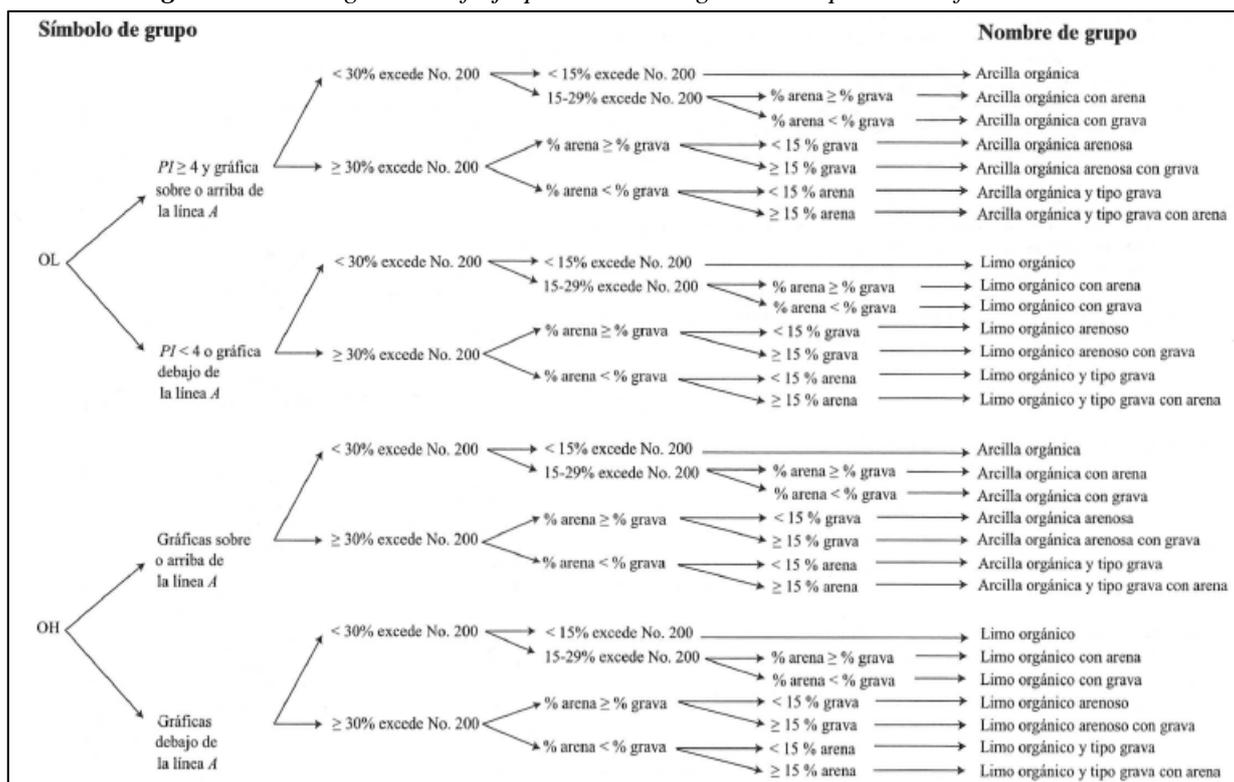
Fuente: Braja (2015, pag.41)

Figura N° 6: Diagrama de flujo para suelos limosos y arcillosos



Fuente: Braja (2015, pag.43)

Figura N° 7: Diagrama de flujo para suelos orgánicos de partículas finas



Fuente: Braja (2015, pag.44)

2.2.4.2. Método AASHTO

Según Braja (2015, pag.37), este sistema de clasificación de oficina de caminos públicos fue desarrollado en el año 1929, pero a lo largo del camino esto sus modificaciones por el comité de clasificación de materiales para subrasante y caminos tipo granulares del consejo de investigación de carreteras, con este método se clasifica en los siguientes grupos:

- ❖ Grupo A-1, A-2 y A-3 son suelos granulares, puesto que el 35% o menos de las partículas pasan por la criba N°200
- ❖ El grupo A-4, A-5, A-6, y A-7 la gran mayoría de estos suelos son arcillosos y limosos, porque sobrepasan el 35% de la malla N°200

Para evaluar la calidad de un suelo para una subrasante a nivel de carreteras, se considera el índice de grupo (IG), por lo que se escribe al costado de la designación del grupo o subgrupo en paréntesis, por lo que se aplica la siguiente ecuación:

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

Donde:

- ✓ F= Porcentaje que pasa la malla N°200
- ✓ LL= Límite líquido
- ✓ P= Índice de plasticidad

Figura N° 8: Sistema de clasificación de suelos AASHTO

DIVISIÓN GENERAL		Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)						Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
	Límite líquido		NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)	
	Índice de plasticidad	≤ 6		≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	
ÍNDICE DE GRUPO		0	0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20			
TIPOLOGÍA		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos			
CALIDAD		EXCELENTE A BUENA					ACEPTABLE A MALA						

Fuente: Bañón y Beviá (2000, pag.23)

Tabla N° 3: Clasificación de suelos según el Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1-2	Bueno
IG está entre 0-1	Muy bueno

Fuente: MTC (2014, pag.33)

2.2.5. Propiedades fundamentales de un suelo

2.2.5.1. Granulometría

Se busca conocer los tamaños y la cantidad que presenta el agregado tamizado según los parámetros por el manual de ensayos del MTC E 107, NTP 339.128 y ASTM D422, indican las medidas de los tamices que se debe utilizar para obtener una gráfica semilogarítmica donde se pesa las muestras retenidas en cada tamiz. (MTC, 2014, pag.30)

Para conocer la cantidad de material que se requiere para realizar el ensayo de análisis granulométrico se determina por medio del tamaño máximo nominal de la muestra representativa especificado en la Tabla N°03.

Tabla N° 4: Cantidad requerida para el ensayo de análisis granulométrico

Diámetro nominal máximo de las partículas por el tamiz	Masa aproximada retenida en gramos
76.2 mm (3 pulg)	5 000 g
50.8 mm (2 pulg)	4 000 g
38.1 mm (1 1/2 pulg)	3 000 g
25.4 mm (1 pulg)	2 000 g
19.0 mm (3/4 pulg)	1 000 g
9.5 mm (3/8 pulg)	500 g

Fuente: NTP 339.128 (2019, pag.5)

Tabla N° 5: Clasificación granulométrica del suelo según tamaño de partículas

Tipo Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm -0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
Fino	Arcilla	Menos a 0.005 mm

Fuente: MTC (2014 pág. 31)

2.2.5.2. La plasticidad

Según el MTC (2014, pag.31), es la estabilidad de un suelo al estar con cierta cantidad de humedad sin que se desintegre, siendo los elementos finos que depende la plasticidad, para determinar esta propiedad en emplea los límites

de Atterberg, su comportamiento está relacionado con el contenido de humedad en sus tres estados:

- ❖ **Límite líquido (LL):** Es el suelo en estado semilíquido a un estado plástico, se puede moldear, la norma que determina este ensayo es la ASTM D4318, NTP 339.129 y MTC E 110.
- ❖ **Límite plástico (LP):** Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un semisólido por lo que no permie moldear y se rompe, la norma para realizar el ensayo es ASTM D4318, NTP 339.129 y MTC E 111.
- ❖ **Límite de contracción:** Es cuando el suelo pasa a un estado semisólido a ser sólido, para realizar el ensayo se utiliza la norma NTP 339.140 y MTC E 112.

Para determinar la magnitud de las humedades en el suelo es por medio del índice de plasticidad, cuando este resultado es elevado corresponde a un suelo arcilloso, cuando el valor es menor quiere decir que tiene poca cantidad de arcilla.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

- IP: Índice de plasticidad
- LL: Límite líquido
- LP: Límite plástico

Tabla N° 6: Clasificación de suelos por el Índice de Plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$ $IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: MTC (2014, pag.32)

2.2.5.3. Equivalente de arena

Es la proporción relativa de material arcilloso y el polvo en los agregados gruesos y finos que pasan por el tamiz N°4, es un método rápido que se puede

determinar en el campo para conocer la calidad del agregado, el ensayo se realiza con la NTP 339.146 y el MTC E 114.

Tabla N° 7: Clasificación de suelos por su Equivalente de Arena

Equivalente de arena	Características
Si EA > 40	El suelo no es plástico, es arena
Si 40 > EA > 20	El suelo es poco plástico y no heladizo
Si EA < 20	El suelo es plástico y arcilloso

Fuente: MTC (2014, pag.32)

2.2.5.4. Humedad natural

Es la relación del peso del agua en masa de un suelo, al peso de las partículas sólidas secas por lo que se obtiene el contenido de humedad natural, esto nos sirve para realizar una comparación con el óptimo contenido de humedad obtenido por el Proctor modificado, si este valor es mayor a la humedad natural se procede con la compactación, pero si es menor se tendrá que incrementar la compactación o reemplazar el material saturado, la norma para realizar el ensayo es la NTP 339.127 y ASTM D2216. (MTC, 2014 pág. 33)

2.2.5.5. Ensayo de CBR

Se determina el índice de resistencia del suelo a nivel de subrasante, subbase y base, denominado valor de relación de soporte, este ensayo se realiza en el laboratorio con los valores de la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad procedente del ensayo Proctor modificado, método de sectorización cuando se tiene más de 6 valores de CBR se promedia, se considera como un sector homogéneo, pero si es menor a 6 valores de CBR, los resultados son distintos se toma el más crítico. (MEM, 2016)

Tabla N° 8: Valor relativo de Soporte (CBR) en la Subrasante

Categorías de subrasante	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S5: Subrasante extraordinaria	CBR ≥ 30%

Fuente: MTC (2014, pag.35)

Tabla N° 9: Valor del CBR en el afirmado, sub base y base granular

Ensayo	Norma	Afirmado	Sub base Granular		Base granular			
			< 3000 msnm	≥ 3000 msnm	< 3000 msnm		≥ 3000 msnm	
CBR al 100% de la Máxima densidad seca y 0.1" de penetración	ASTM 1883 y MTC E132	40% min	40% min	40% min	Agregado grueso	Agregado fino	agregado grueso	Agregado fino
					Tráfico ligero a medio: 80% min Tráfico pesado: 100% min			

Fuente: MTC (2014)

2.2.6. Subrasante

Es considerado como el asiento directo de la estructura del pavimento, se constituye entre el terreno natural que se realizó el corte y relleno, sobre esto se coloca el material seleccionado que cumple con los parámetros de calidad y es compactado por capas para formar un cuerpo estable y óptimo, para que no sea afectado por las cargas que proviene del tránsito, a los 0.30 m de la mitad de la capa por debajo del nivel superior de la subrasante debe ser compactada al 95% de la máxima densidad seca. (MTC, 2014 pág. 20)

2.2.6.1. Parámetros establecidos para una subrasante

Según el MTC (2014, pag.40) establece los parámetros que debe tener la subrasante:

- ❖ La exploración del material para la subrasante es por pozos exploratorios o calicatas de una profundidad mínima de 1.50 m.
- ❖ La inspección de las calicatas será de forma alternada en toda la calzada, y se determina la cantidad de acuerdo al tipo de carretera según el cuadro 4.1 del manual de carreteras.
- ❖ Se considera apto la subrasante cuando el CBR es $\geq 6\%$, si en caso es menor se debe de realizar una estabilización del suelo.
- ❖ El espesor de la subrasante como mínimo debe ser 0.60 m del material asignado.

2.2.7. Estabilización de suelos

Según el MTC (2014, pag.92), consiste en mejorar el comportamiento del suelo como aumentar su resistencia al ser sometido a cargas vehiculares pesados, se conoce dos métodos para realizar la estabilización de este suelo:

- ❖ Estabilización mecánica: Es la combinación de dos tipos de suelos para mejorar su compactación.
- ❖ Estabilización química: Es la incorporación de cal, cemento, escoria, emulsión asfáltica, geosintéticos, etc.
- ❖ Estabilización natural: Es la presencia de cobertura vegetal, puesto que sus raíces ayudan a estabilizar el suelo.

Tabla N° 10: Tipo de estabilizador para los suelos inestables

Área	Clase de suelo	Tipo de Estabilizador Recomendado		Restricción en LL e IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1 A	SW o SP	(1)	Asfalto			
		(2)	Cemento Portland			
		(3)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 B	SW - SM o SP - SM o SW - SC o SP - PC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10		
		(2)	Cemento Portland	IP no excede de 30		
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 C	SM o SC o SM-SC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2)	Cemento Portland	(b)		
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 A	GW o GP	(1)	Asfalto			Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 B	GW - GM o GP - GM o GW - GC o GP-GC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 C	GM o GC o GM - GC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Ceniza	IP no excede de 25		
3	CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL	(1)	Cemento Portland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios
		(2)	Cal	IP no menor de 12		
IP = Índice Plástico (b) $IP > 20 + (50 - \text{porcentaje que pasa la Malla N° 200}) / 4$				Sin restricción u observación No es necesario aditivo estabilizador	Fuente: US Army Corps of Engineers	

Fuente: MTC (2014, pag.92)

Tabla N° 11: Dosificación del tipo de estabilizador de suelos

Tipo de Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo ⁽¹⁾	Dosificación ⁽²⁾	Curado (Apertura Al Tránsito) ⁽³⁾	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85	A-1,A-2,A-3,A-4,A-5,A-6 y A-7 LL > 40% IP ≥ 18% CMO ⁽⁴⁾ < 1.0% Sulfatos (SO ₄) < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca ⁽⁴⁾ - AF ≤ 10%	2 - 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o AASHTO M208	A-1, A-2 y A3 Pasante malla N° 200 ≤ 10% IP ≤ 8% Equiv. Arena ≥ 40% CMO ⁽⁴⁾ < 1.0% Sulfatos (SO ₄) < 0.6% Abrasión < 50%	4 - 8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% ≤ IP ≤ 50% CMO ⁽⁴⁾ < 3.0% Sulfatos (SO ₄) < 0.2% Abrasión < 50%	2 - 8%	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de Calcio	ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2, y A-3 IP ≤ 15% CMO ⁽⁴⁾ < 3.0% Sulfatos (SO ₄) < 0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% ≤ IP ≤ 15% CMO ⁽⁴⁾ < 3.0% Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ³	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CMO ⁽⁴⁾ < 3.0% pH: mínimo 5 Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ³	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 6% ≤ IP ≤ 15% 4.5 < pH < 8.5 CMO ⁽⁴⁾ No debe contener Abrasión < 50% % < N° 200: 10 - 35%	1L / 30-33 m ³	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceites sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO ⁽⁴⁾ < 1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

Fuente: MTC (2014, pag.93)

2.3. Marco conceptual

- ❖ **Compactación:** Es considerado como un proceso mecánico para mejorar el comportamiento del suelo para la construcción de carreteras, al ser sometido a una carga durante el enterramiento, para producir un material más resistente y que no permita el pase del agua con facilidad. (Rico, y otros, 1992)
- ❖ **Contenido de humedad:** Es la determinación de la cantidad de agua eliminada al ser secado el suelo húmedo a una temperatura constante de

$110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, donde se divide el peso del agua entre el peso de las partículas sólidas secas del suelo. (NTP 339.127, 2019)

- ❖ **Densidad máxima seca:** Es el máximo valor obtenido por la curva de compactación del ensayo utilizando un esfuerzo modificado. (NTP 339.141, 2014)
- ❖ **Plasticidad:** Es la propiedad de un material de ser capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica visible, nos desmoronan y tampoco se agrietan. (Juárez, y otros, 2005)
- ❖ **Coeficiente de uniformidad:** Son las dimensiones de las partículas correspondientes al 60,30 y 10% más fino en la curva granulométrica de la distribución de tamaños acumulativos del suelo, donde el radio es $(D_{30})^2/(D_{10} \times D_{60})$. (ASTM D2487, 2011)
- ❖ **Coeficiente de curvatura:** Son los diámetros correspondientes al 60 y 10% más fino de la curva granulométrica de acuerdo al tamizaje respectivo del suelo, donde el radio es D_{60}/D_{10} . (ASTM D2487, 2011)
- ❖ **Gradación:** Son las proporciones de las partículas que presenta un suelo en diferentes tamaños, que se encuentra de los limes designados. (ETGC, 2014)
- ❖ **Calzada:** Es la parte de la carretera donde transita los automóviles, puede tener uno o varios carriles. (MTC, 2014)
- ❖ **Afirmado:** Es una capa compactada conformada de material granular natural o procesada, que cumple con la gradación específica, para que soporta las cargas y esfuerzos el tránsito vehicular, presenta una cantidad considerable de material cohesivo que mantener unido a las partículas. (MTC, 2014)

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La incorporación de la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo es eficiente en la estabilización de la subrasante del suelo cohesivo, Huancayo – Junín.

3.1.2. Hipótesis específicas

- a) La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo incrementa los límites de consistencia en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.
- b) La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo incrementa su densidad máxima seca en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.
- c) La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo incrementa el valor de la capacidad de soporte (CBR) en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de la variable

Variables independientes

- ❖ **Ceniza de carbón vegetal:** Es considerado como un material fino que se produce por la combustión del carbón vegetal expuesto a altas temperaturas durante un tiempo establecido.
- ❖ **Cáscara de huevo:** Es llamado también cascarón que comprende la cubierta protectora del huevo y representa aproximadamente el 9 a 12% del peso del huevo, que sería un aproximado la masa de 5 y 7gr, uno de los componentes principales es el carbonato de calcio además de otros minerales como el calcio 2.21 g (93.3%), fósforo 0.02 g (0.85%), magnesio 0.02 g (0.85%) y hierro. (Pérez, y otros, 2016)

Variable dependiente

- ❖ **Estabilización de suelos cohesivo:** Es la composición de pequeñas partículas como la arcilla que mediante la propiedad de cohesión que mantiene unidad a los materiales que lo rodean, pero al momento de ser saturado con agua por prolongado tiempo tiende a debilitarse, por lo que se somete a una estabilización con elementos químicos, mecánicos y naturales, con la finalidad de mejorar su compactación y puedan soportar altas cargas vehiculares.

3.2.2. Definición operacional de la variable

Variables independientes

- ❖ **Ceniza de carbón vegetal:** Se mide de acuerdo a los porcentajes de 15%,20% y 25% al ser incorporados en la estabilización del suelo, se dosifica en función al volumen que ocupa el porcentaje designado en función de su densidad.
- ❖ **Cáscara de huevo:** Se mide de acuerdo a sus porcentajes de 10%,15% y 20% de cáscara de huevo pulverizado, que se adiciona en la dosificación de la muestra de suelo a ser estabilizado se considera en función al volumen que ocupa en el molde y la cantidad se obtiene con su densidad.

Variable dependiente

- ❖ Estabilización de suelos cohesivo: Se mide en función a las propiedades físicas y mecánicas del suelo como:
 - Límites de consistencia
 - Densidad máxima seca (Proctor modificado)
 - Capacidad de soporte (CBR)

3.2.3. Operacionalización de la variable

Tabla N° 12: Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
CENIZA DE CARBON VEGETAL	Densidad	Método de densidad máxima y mínima	Medición en g/cm ³
	Dosificación	Incorporación del 15%,20% y 25%	Porcentaje
CÁSCARA DE HUEVO	Densidad	Método de densidad máxima y mínima	Medición en g/cm ³
	Dosificación	Incorporación del 10%,15% y 20%	Porcentaje
VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS	Límites de consistencia	limite líquido y plástico	Porcentaje
	Densidad máxima seca	Es el punto máximo de compactación por medio del ensayo de Proctor modificado.	Medición en g/cm ³
	Capacidad de soporte (CBR)	Determinación de la resistencia que puede soportar al estar sometido a una sobrecarga con una prensa.	Porcentaje

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Metodología de investigación

La presente investigación tiene una metodología científica con un enfoque cuantitativo, puesto que analiza los datos de un laboratorio, donde se dio prioridad a los ensayos de límite líquido y plástico, Proctor modificado, CBR, clasificación de suelos, que cumple con las especificaciones técnicas de cada procedimiento que dicta la Norma Técnica Peruana y el Ministerio de Transportes, los resultado finales se someten a una prueba de hipótesis para verificar el comportamiento que tiene la muestra experimental.

4.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que busca estabilizar un suelo cohesivo a nivel subrasante incorporando residuos de cáscara de huevo pulverizado y cenizas de carbón vegetal.

4.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, porque pretende conocer la relación de causa - efecto al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo molido en la estabilización de un suelo cohesivo a nivel de subrasante.

4.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación es experimental, porque se puede manipular la variable independiente que es la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo molido, donde se adicionara en porcentajes en la estabilización de un suelo cohesivo a nivel subrasante con la finalidad de conocer sus efectos.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

Se tiene como población una subrasante que está conformado por un suelo cohesivo que se encuentra ubicado en la provincia de Huancayo, Palian-Chorrillos con una longitud de 1 km, donde se estudió 4 ensayo de Proctor modificado, 4 ensayos para el CBR, 4 limites líquidos y 4 limites plásticos.

4.5.2. Muestra

Se realizo el estudio en una muestra de 100 m de longitud en la que se ejecutó una calicata de un metro y medio de profundidad de la cual se extrajo la muestra de suelo que se empleó para la investigación:

Tabla N° 13: Detalle de la muestra de al incorporar la CCV + CH

Descripción de los ensayos	Muestra Natural (suelo cohesivo)	Incorporando los componentes			Cantidades
		Ceniza de carbón vegetal 15 %	Ceniza de carbón vegetal 20 %	Ceniza de carbón vegetal 25 %	
		Cáscara de huevo en polvo 10%	Cáscara de huevo en polvo 15%	Cáscara de huevo en polvo 20%	
Propiedades físicas	Contenido de Humedad	1	-	-	1
	Análisis granulométrico	1	-	-	1
	Límite líquido	1	1	1	4
	Límite plástico	1	1	1	4
	Equivalente de arena	1	1	1	4
Propiedades mecánicas	Proctor modificado	1	1	1	4
	California Bearing Ratio (CBR)	1	1	1	4

Fuente: Elaboración propia

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizó la técnica de observación de cada uno de los ensayos que monitorea el comportamiento del suelo al ser estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo pulverizado, puesto que el laboratorio cumple con las especificaciones técnicas por las Normas Técnicas Peruanas.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

4.7.1. Procesamiento de la información

Se realizó organizó la información obtenida por los certificados del laboratorio "MASTERESPI S.A.C", mediante los gráficos y cuadros estadísticos con el software MS Excel.

4.7.2. Técnicas y análisis de datos

Se realiza la evaluación de la data organizada al ser comparada con los parámetros designados por las normas y manuales del ministerio de transportes con la prueba de hipótesis T de student con el programa Excel.

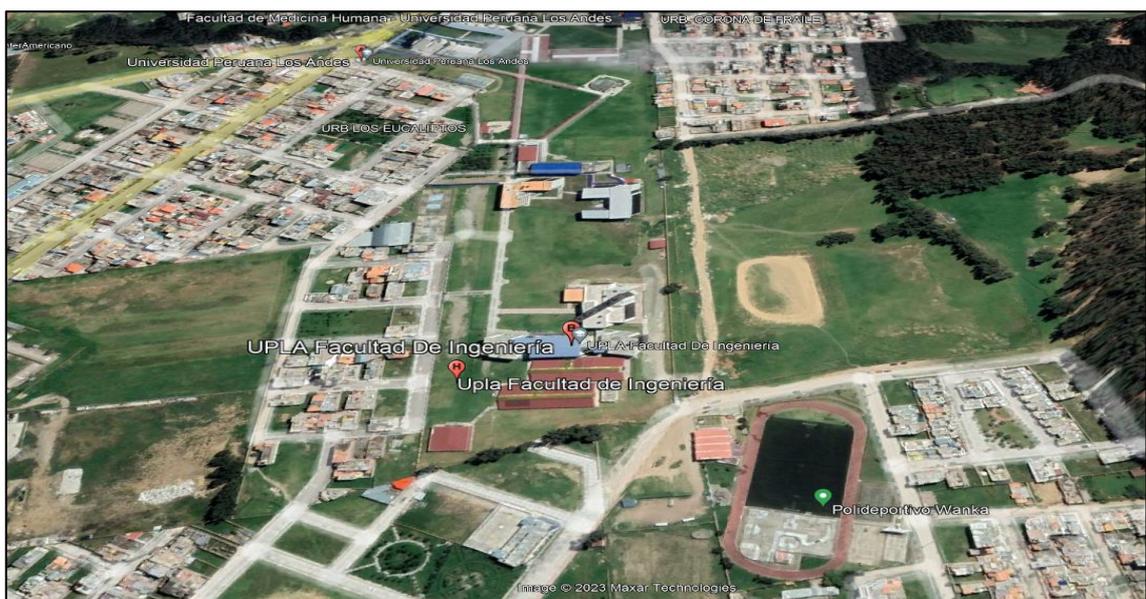
CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Ubicación

La ubicación del lugar de extracción del material de estudio se localiza en una vía sin pavimentar en la provincia de Huancayo, Palian – Chorrillos, referencia a espaldas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes.

Figura N° 9: Imagen satelital del lugar de extracción de la muestra



Fuente: *Elaboración propia*

5.2. Muestreo del suelo

Consiste en realizar una exploración de las condiciones del suelo mediante una calicata de una profundidad mínima de 1.50 m, por lo que se inicia con las mediciones correspondientes de cada estrato que se presentó y posteriormente se tomó muestras en un recipiente hermético de cada uno de estos, luego se extrajo la muestra de 1 m de profundidad para ser analizado en el laboratorio.

Figura N° 10: Exploración del suelo de estudio con una calicata



Fuente: Elaboración propia

5.3. Registro de excavación

Se debe realizar las anotaciones de la calicata inspeccionada, identificar el tipo de suelo, anotar las mediciones de los estratos y realizar una representación gráfica con las simbologías de clasificación de suelos según las normativas.

Figura N° 11: Resultados del registro de excavación del suelo estudiado

EXCAVACION A CIELO ABIERTO				
PROFUNDIDAD (cm)	CLASIFICACION		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL
	SIMBOLOS	GRAFICO		
0.00	CL	★ ★ ★	12.00%	MATERIAL ORGANICO Terreno de cultivo, con pasto y raíces, color café claro, estado húmedo
-0.10		★ ★ ★		
-0.20		★ ★ ★		
-0.30		[Patrón de puntos naranja]	10.95%	Material arcilloso ligeramente arenoso, con plasticidad, en estado húmedo, de color beige oscuro en estado compacto.
-0.40				
-0.50				
-0.60				
-0.70				
-0.80				
-0.90				
-1.00				
-1.10				
-1.20				
-1.30				
-1.40				
-1.50				
-1.60				
-1.70				
-1.80				
-1.90				
-2.00				

Fuente: Elaboración propia

5.4. Recolección de la ceniza de carbón vegetal

Se recolecto de cada uno de los centros comerciales que emplean el carbón como un medio de combustión para cocinar sus alimentos, en este caso fue los restaurantes rústicos, pollerías y unas fábricas artesanales de ladrillo,

para luego ser tamizado por la malla N°40, con la finalidad de obtener un material homogéneo y fino similar al cemento.

Figura N° 12: Tamizaje de la ceniza de carbón vegetal reciclada



Fuente: Elaboración propia

5.5. Reciclaje de la cáscara de huevo

La adquisición de los residuos de la cáscara de huevo se obtuvo de las panaderías y restaurantes, posteriormente se realizó el sacado en la intemperie en días soleados, para obtener una muestra fina se empleó la máquina de moler de forma manual.

Figura N° 13: Preparación de la cáscara de huevo en polvo



Fuente: Elaboración propia

5.6. Comportamiento del suelo

5.6.1. Resultados del análisis granulométrico

Se determino la cantidad de la muestra de suelo retenida en los juegos de tamices designados en la NTP 339.127.

Tabla N° 14: Valores del análisis granulométrico del suelo estudiado

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	62.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
¾ "	19.00	12.50	2.17	2.17	97.83
½ "	12.50	12.70	2.20	4.37	95.63
⅜ "	9.50	7.50	1.30	5.67	94.33
¼ "	6.30	0.00	0.00	5.67	94.33
N° 4	4.75	17.30	3.00	8.67	91.33
N° 10	2.00	30.80	5.34	14.00	86.00
N° 20	0.85	29.00	5.03	19.03	80.97
N° 40	0.43	13.40	2.32	21.35	78.65
N° 60	0.25	7.80	1.35	22.70	77.30
N° 140	0.106	13.20	2.29	24.99	75.01
N° 200	0.075	34.50	5.98	30.97	69.03
FONDO		398.30	69.03	100.00	0.00
TOTAL		577.00	100.00		

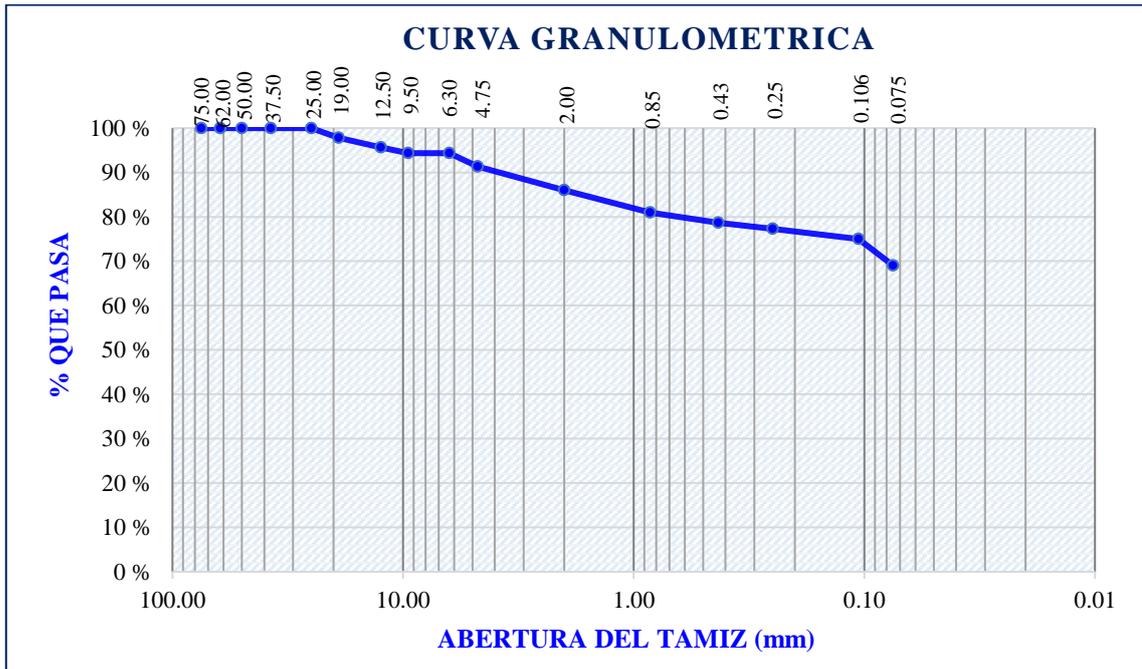
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 14: Elaboración del ensayo de granulometría en suelos



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 1: Curva granulométrica del suelo estudiado



Fuente: Elaboración propia

5.6.2. Estudio de los Límites de consistencia

5.6.2.1. Ensayo de Límite Líquido

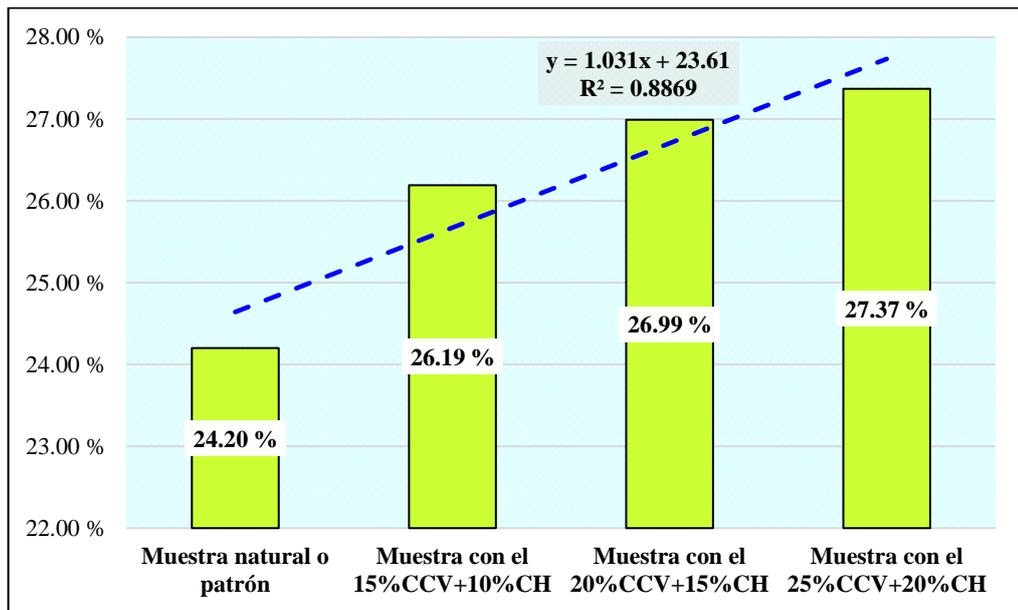
Para este ensayo se requiere como mínimo 150 g a 200g de la pasante de la malla N°4, el instrumento fundamental es la copa Casagrande que determina la cantidad de golpes para que la muestra llegue a estar en contacto en la base de la ranura con una longitud de 13mm con la cuando esta humedecida.

Tabla N° 15: Resultado del ensayo Límite Líquido con la adición de CCV y CH

Descripción de las muestras	Número de ensayos realizados				Límite Líquido (%)
	M-1	M-2	M-3	M-4	
Muestra natural o patrón	22.99	23.68	24.51	25.43	24.20 %
Muestra con el 15%CCV+10%CH	25.75	26.55	27.38	28.35	26.19 %
Muestra con el 20%CCV+15%CH	26.05	26.83	27.59	28.35	26.99 %
Muestra con el 25%CCV+20%CH	25.77	26.84	28.15	29.3	27.37 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 2: Comportamiento del límite líquido del suelo estabilizado con CCV y CH



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en el Gráfico N°2 el comportamiento del límite líquido con la incorporación de cáscara de huevo en polvo y ceniza de carbón vegetal, se incrementa sus valores al ser aumentar el porcentaje de los componentes y una línea de tendencia ascendente.

Figura N° 15: Ensayo del límite líquido del suelo estabilizado con CCV y CH



Fuente: Elaboración propia

5.6.2.2. Ensayo de límite plástico

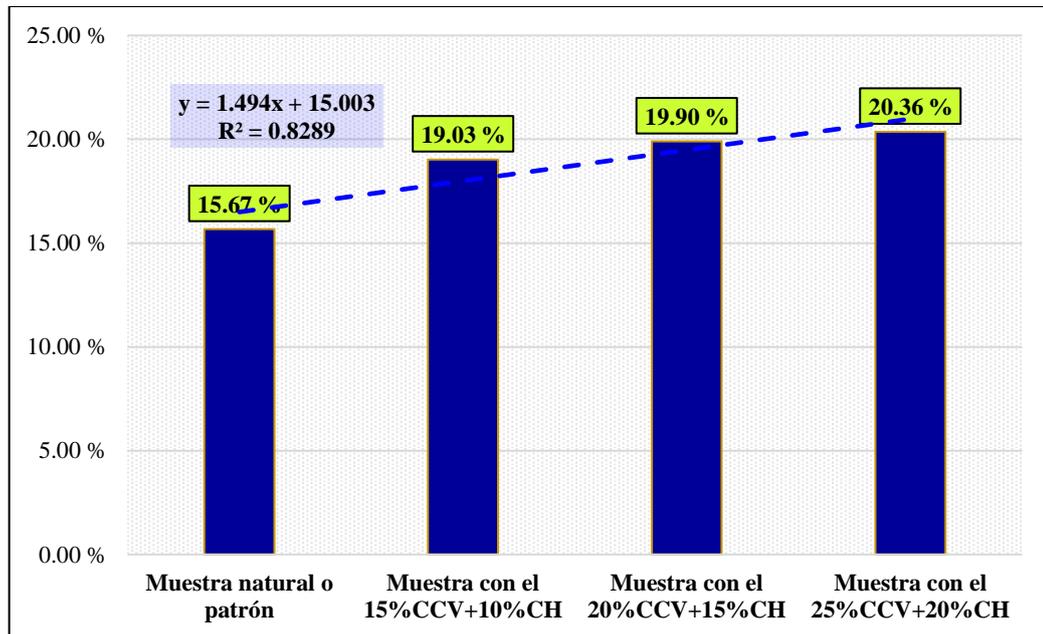
Es la formación de barritas de suelo con un diámetro de 3.2 mm, rodado en una superficie lisa sin que dichas barritas se desmoronen según la NTP 339.129, la cantidad de muestra para realizar el ensayo como mínimo es 20 g de la pasante de la malla N°40.

Tabla N° 16: Resultados del ensayo del límite plástico del suelo estabilizado con CCV y CH

Descripción de las muestras	Número de ensayos realizados		Promedio del LP (%)
	M-1	M-2	
Muestra natural o patrón	15.65	15.69	15.67 %
Muestra con el 15%CCV+10%CH	19.04	19.01	19.03 %
Muestra con el 20%CCV+15%CH	19.94	19.85	19.90 %
Muestra con el 25%CCV+20%CH	20.18	20.54	20.36 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3: Comportamiento del límite plástico del suelo estabilizado con CCV y CH



Fuente: Elaboración propia

Se puede visualizar en el Gráfico N°3 el comportamiento del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo en la determinación del límite plástico presentando una línea de tendencia ascendente al incorporar más porcentaje de los componentes.

5.6.2.3. Índice de plasticidad

Se determina mediante la diferencia entre su límite líquido y límite plástico:

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

Donde:

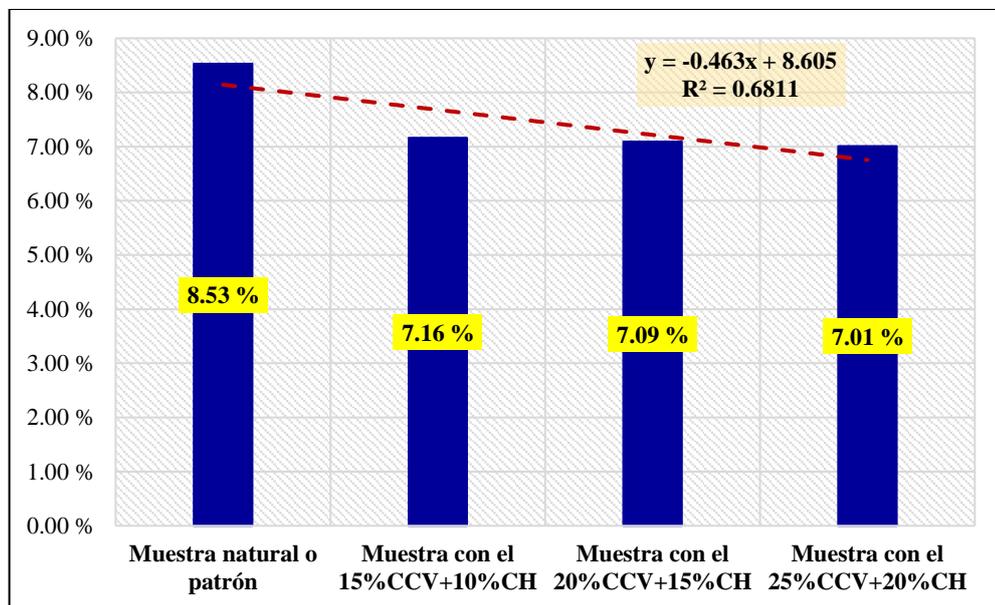
- ❖ L.L: Límite líquido
- ❖ L.P: Límite plástico

Tabla N° 17: Resultados obtenidos del Índice de Plasticidad del suelo estabilizado con Ceniza de Carbón Vegetal y Cáscara de Huevo molido

Descripción de las muestras	Índice de Plasticidad (%)
Muestra natural o patrón	8.53 %
Muestra con el 15%CCV+10%CH	7.16 %
Muestra con el 20%CCV+15%CH	7.09 %
Muestra con el 25%CCV+20%CH	7.01 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4: Análisis del índice de plasticidad del suelo estabilizado con CCV y CH



Fuente: Elaboración propia

Se observa en el Gráfico N°4 que se reduce el índice de plasticidad al adicionar más porcentaje de ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido, presentándose una línea de tendencia descendente.

5.6.3. Ensayo del contenido de humedad del suelo

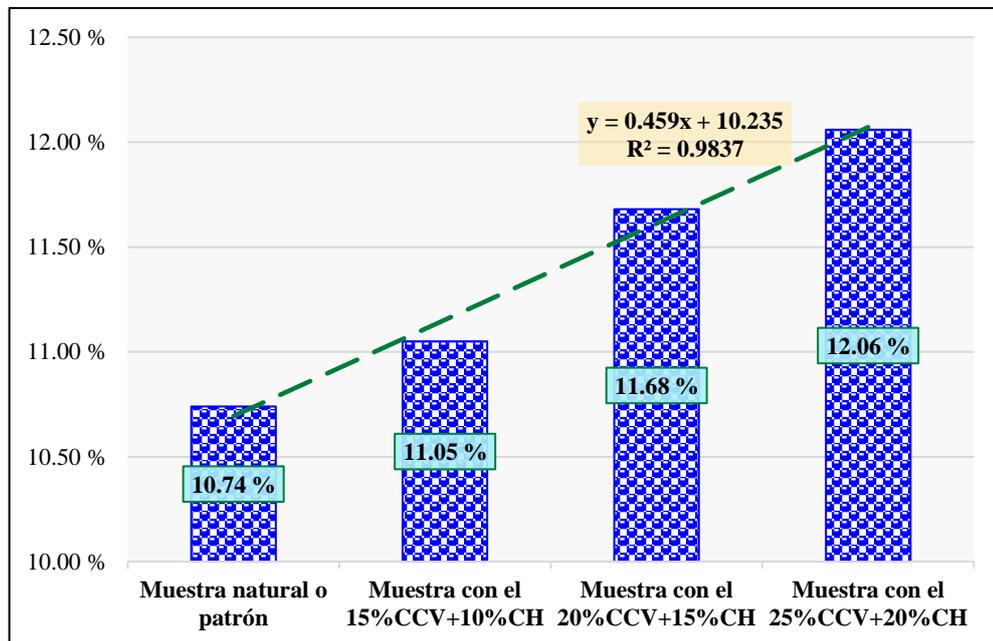
Se realiza el cuarteo para extraer la muestra representativa de la muestra de suelo, luego realizar el ensayo con una cantidad mínima según su tamaño máximo de la partícula el cual se detalla en la NTP 339.127, ASTM D2216 y el MTC E 108.

Tabla N° 18: Resultados de contenido de humedad del suelo natural y experimental

Descripción de las muestras	Promedio del contenido de humedad (%)
Muestra natural o patrón	10.74 %
Muestra con el 15%CCV+10%CH	11.05 %
Muestra con el 20%CCV+15%CH	11.68 %
Muestra con el 25%CCV+20%CH	12.06 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5: Comportamiento del contenido de humedad del suelo adicionado la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo



Fuente: Elaboración propia

Según el Gráfico N°5 se observa el comportamiento del suelo adicionado la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido, que se incrementa los valores al incorporar más porcentaje de dichos componentes, con mayor precisión se muestra la línea de tendencia ascendente.

Figura N° 16: Ensayo de contenido de humedad del suelo incorporado la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido



Fuente: Elaboración propia

5.6.4. Equivalente de arena

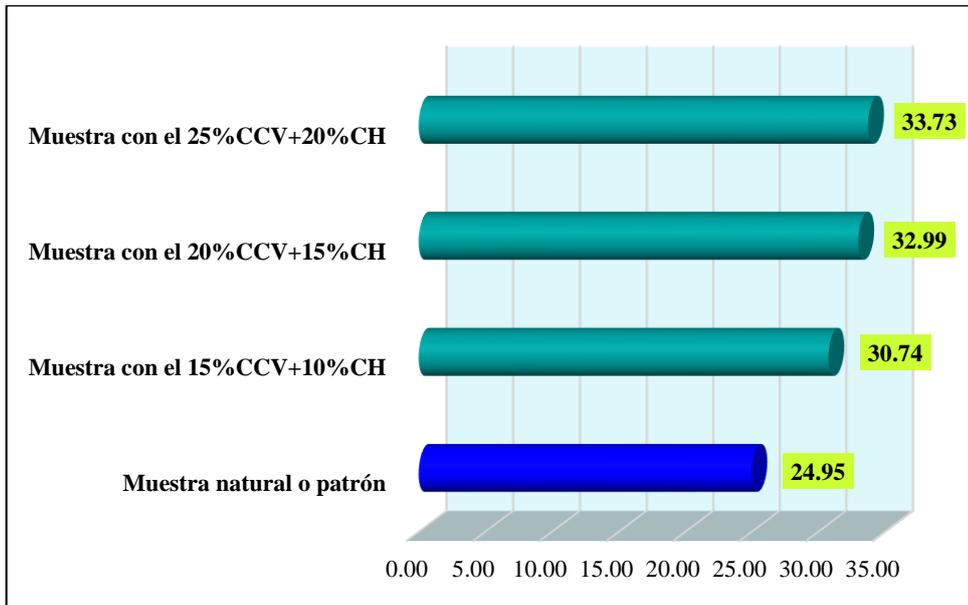
Se determina la cantidad de finos de material arcilloso en la muestra de suelo, siendo especificado el procedimiento de este ensayo en la NTP 339.146 y MTC E 114, la muestra debe ser la pasante de la malla N°4.

Tabla N° 19: Resultados del equivalente de arena de la muestra adicionada con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido

Descripción de las muestras	Número de ensayos realizados			Promedio del Equivalente de Arena (%)
	M-1	M-2	M-3	
Muestra natural o patrón	25.29	25.14	24.43	24.95
Muestra con el 15%CCV+10%CH	29.18	31.5	31.55	30.74
Muestra con el 20%CCV+15%CH	32.27	33.33	33.37	32.99
Muestra con el 25%CCV+20%CH	33.95	33.9	33.33	33.73

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 6: Comportamiento del ensayo de equivalente de arena del suelo incorporado CCV y CH



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar Gráfico N°6, que al adicionar más porcentaje de cascara de huevo molido y ceniza de carbón vegetal se aumenta el valor del equivalente de arena.

Figura N° 17: Ensayo de equivalente de arena

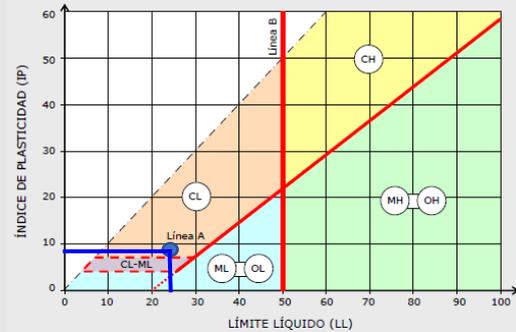


Fuente: Elaboración propia

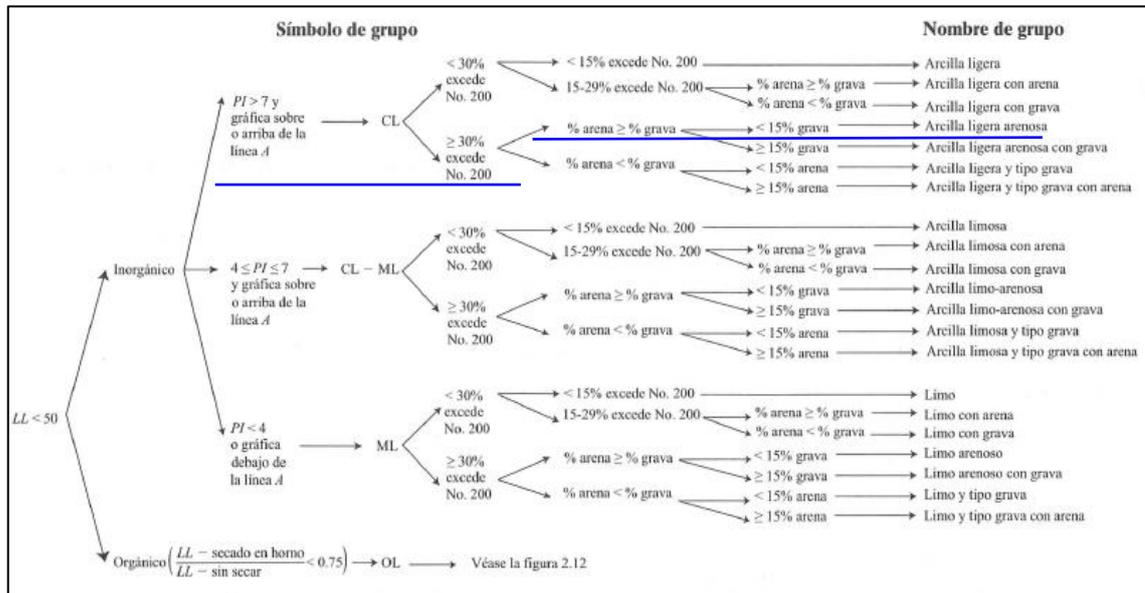
5.6.5. Clasificación del suelo del en estudio

El primer paso para realizar la clasificación del suelo se debe de tener los valores siguientes:

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	MUESTRA PATRÓN
GRAVA	8.67 %
ARENA	22.31 %
FINO	69.03 %
INDICE DE PLASTICIDAD	8.53%
LÍMITE LÍQUIDO	24.20%
% RETENIDO ACUMULADO EN LA MALLA N°200	30.97 %



El segundo paso es emplear el diagrama de flujo de suelos con los valores obtenidos por los ensayos de laboratorio, según la norma ASTM D 2487, para clasificación de suelos por el método SUCS.



El tercer paso es identificar el tipo de suelo según el diagrama de clasificación de acuerdo a la simbología para un suelo arcilla ligera arenosa, que se establece en las normas (CL), para verificar la veracidad de las cualidades del suelo se tiene, realizándose la comparación con los parámetros que el Manual de Carreteras y Comunicaciones

Tabla N° 20: Verificación de la clasificación del suelo Natural

Descripción de la muestra	Índice de plasticidad	Equivalente de Arena	Índice de Grupo
	$IP \leq 20, IP > 7$	Si $40 > EA > 20$	IG está entre 4 a 9
Muestra Natural	Presenta una plasticidad media, el suelo con esta característica es la arcilla.	Es un suelo poco plástico	Suelo a nivel de subrasante Deficiente

Fuente: Elaboración propia

5.6.6. Densidad de los componentes

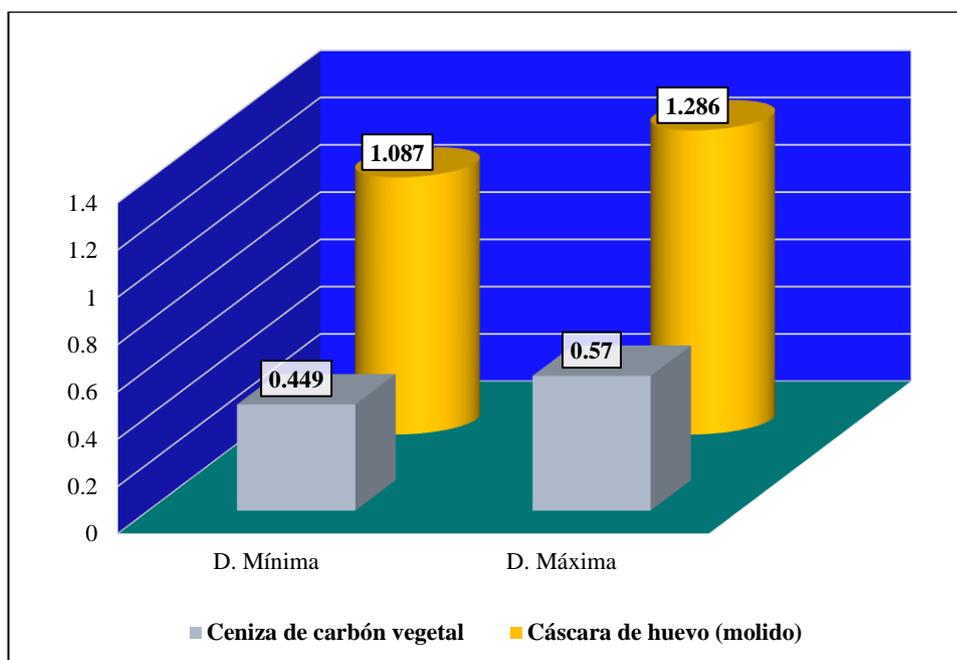
Se determino por el método de densidad máxima y mínima según la NTP 339.138 y ASTM D 4254.

Tabla N° 21: Resultados de las densidades de los componentes estabilizadores de la investigación

Descripción del componente	Ensayo de densidad NTP 339.137/ ASTM D 4253 (g/cm ³)	
	D. Mínima	D. Máxima
Ceniza de carbón vegetal	0.449	0.57
Cáscara de huevo (molido)	1.087	1.286

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 7: Comparación de las densidades de la ceniza de carbón vegetal y cascara de huevo molido



Fuente: Elaboración propia

En el Grafico N°7 se puede observar que la cáscara de huevo molido es más densa que la ceniza de carbón vegetal, por lo que se consideró la densidad máxima puesto que se aproxima al valor teórico.

Figura N° 18: Equipo para el ensayo de densidad máxima y mínima



Fuente: NTP 339.138 (1999)

5.6.7. Dosificación del suelo con CCV y CH

Se determino la cantidad de materiales que se utiliza para la estabilización, lo primero es determinar la cantidad de muestra natural que ocupara en un molde, del volumen de este recipiente se considera el porcentaje del 15%,20% y 25% que se adicionará la ceniza de carbón vegetal, de igual manera para el 10%, 15% y 20% de la cáscara de huevo molido, y el porcentaje de agua que se incorpora para la compactación del suelo, todas estas cantidades vendrían a ser el total a utilizar.

Tabla N° 22: Cuadro de detalle de la dosificación de un suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido

Descripción de las muestras	Volumen del Molde (cm ³)	Densidad del suelo seco (g/cm ³)	Masa del suelo seco (g)	Dosificación de la Ceniza de Carbón Vegetal				Dosificación de la Cáscara de Huevo molido				Cantidad de agua de un 8% (g)	Cantidad total para el molde (g)
				Porcentaje (%)	Volumen del porcentaje que ocupa la CCV (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Cantidad (g)	Porcentaje (%)	Volumen del porcentaje que ocupa la CH (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Cantidad (g)		
Muestra natural o patrón	947.9	1.84	1744.14	0%	0.00	0.57	0.00	0%	0	1.286	0	139.5	1883.67
Muestra con el 15%CCV+10%CH	947.9	1.84	1744.14	15%	142.19	0.57	81.05	10%	94.79	1.286	121.89994	139.5	2086.61
Muestra con el 20%CCV+15%CH	947.9	1.84	1744.14	20%	189.58	0.57	108.06	15%	142.185	1.286	182.84991	139.5	2174.58
Muestra con el 25%CCV+20%CH	947.9	1.84	1744.14	25%	236.98	0.57	135.08	20%	189.58	1.286	243.79988	139.5	2262.54

Fuente: Elaboración propia

5.6.8. Resultados del ensayo Proctor modificado

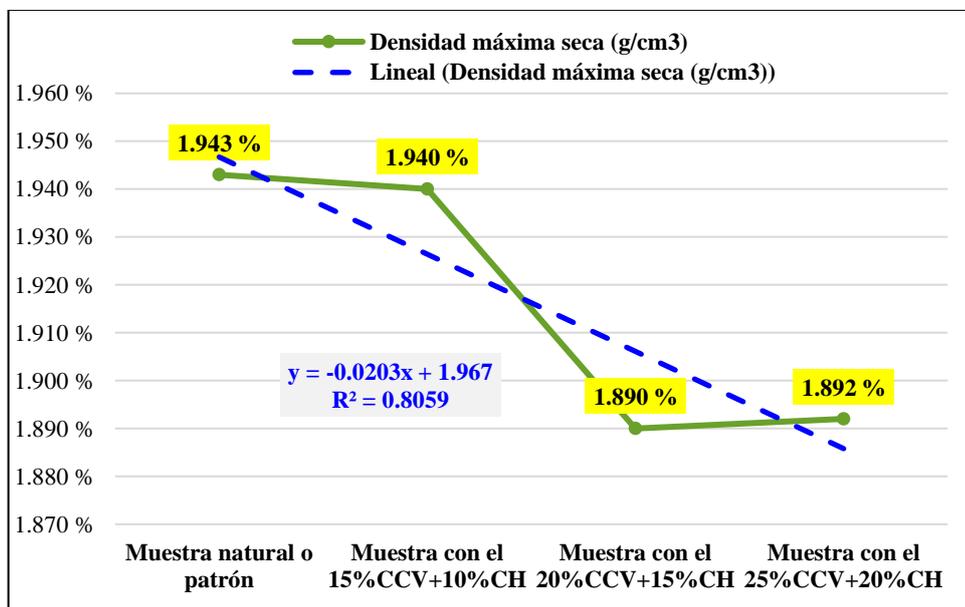
Es el proceso de compactación para encontrar la relación de contenido de agua y la densidad máxima seca del suelo, se identificó el método "A" para la muestra natural, para el procedimiento de este ensayo se emplea la NTP 339.141 y ASTM D 1557.

Tabla N° 23: Resultados de la densidad máxima seca al adicionar la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido

Descripción de las muestras	Densidad Seca (g/cm ³)				Densidad máxima seca (g/cm ³)
	M-1	M-2	M-3	M-4	
Muestra natural o patrón	1.892	1.942	1.901	1.748	1.943 %
Muestra con el 15%CCV+10%CH	1.869	1.937	1.913	1.76	1.940 %
Muestra con el 20%CCV+15%CH	1.802	1.866	1.872	1.728	1.890 %
Muestra con el 25%CCV+20%CH	1.876	1.893	1.879	1.665	1.892 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 8: Comportamiento de la densidad máxima del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo



Fuente: Elaboración propia

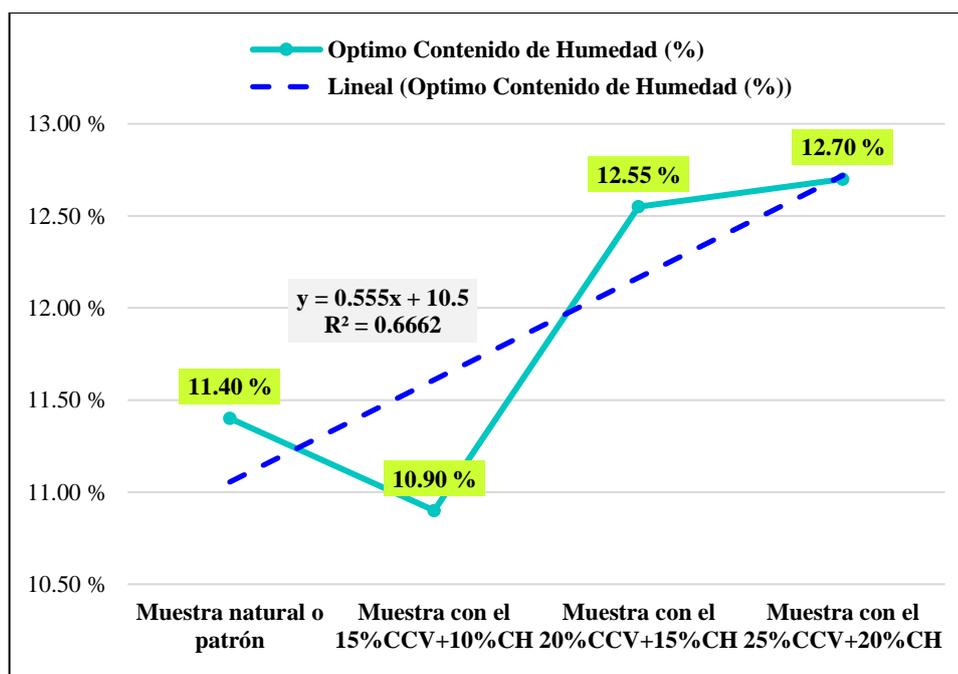
Se puede observar en el Gráfico N°8, que al incorporar más porcentajes de CCV y CH se reduce su densidad máxima seca, presentado una línea de tendencia descendente.

Tabla N° 24: Resultados del Optimo Contenido de Humedad

Descripción de las muestras	Humedad (%)				Optimo Contenido de Humedad (%)
	M-1	M-2	M-3	M-4	
Muestra natural o patrón	8.9	11.44	14.09	17.5	11.40 %
Muestra con el 15%CCV+10%CH	7.74	10.23	13.08	16.74	10.90 %
Muestra con el 20%CCV+15%CH	8.46	10.39	14.38	18.23	12.55 %
Muestra con el 25%CCV+20%CH	10.81	12.72	14.35	19.92	12.70 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 9: Comportamiento del optimo contenido de humedad del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en el Gráfico N°9 el comportamiento del óptimo contenido de humedad de un suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido, donde la línea de tendencia es ascendente, lo que significa que los componentes estabilizadores absorben más agua, cuando se adicione más porcentaje, al realizar la compactación con el ensayo de Proctor modificado según las especificaciones normativas.

Figura N° 19: Ensayo de Proctor modificado



Fuente: Elaboración propia

Comparación del contenido de humedad natural con el óptimo contenido de humedad por la compactación mediante el ensayo de Proctor modificado.

Tabla N° 25: Comparación del contenido de humedad natural Vs el óptimo contenido de humedad del Proctor modificado

Óptimo Contenido de Humedad del Suelo compactado (%)		Parámetros normativos NTP 399.145 Proctor Modificado	
Descripción			
Muestra Natural	Media	11.44	Ho: M.N > H.N ≤ OCH
	N	2.00	
	Desv. Estándar	0.05	Hi: M.N < H.N ≤ OCH
	Confianza	0.95	
	Sig. (Unilateral)	0.05	Análisis de la hipótesis
	T teórico por Tabla	-6.31	
T calculado	19.86	No se Rechaza Ho	

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Tabla N°25 que la prueba de hipótesis T de student, verifica que el valor del óptimo contenido de humedad producto de la compactación del suelo es mayor que el contenido de humedad natural del suelo, esto quiere decir que el suelo no está del todo saturado.

Tabla N° 26: Comparación del óptimo contenido de humedad del suelo natural Vs las muestras experimentales

Proctor Modificado / NTP 399.145 (%)	Óptimo Contenido de Humedad del Suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y Cáscara de Huevo				
	Descripción	15%CCV+ 10%CH	20%CCV+ 15%CH	25%CCV+ 20%CH	
Muestra Natural	Media	11.44	10.94	12.56	12.72
	N	2	2	2	2
	Desv.Estándar	0.05	0.05	0.01	0.03
	Confianza	0.95	0.95	0.95	0.95
	Sig. (Unilateral)	0.05	0.05	0.05	0.05
	T teórico	-6.31	-2.92	-6.31	-6.31
	T calculado	19.86	10.10	-31.68	-31.88
Análisis de la hipótesis	Ho: M.N > M.E con CCV+GH	No se Rechaza Ho	Se rechaza Ho	Se rechaza Ho	
	Hi: M.N < M.E con CCV+GH				

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la Tabla N°26, que al adicionar el 20% y 25% de ceniza de carbón vegetal con el 15% y 20% de cáscara de huevo molido incrementan su óptimo de contenido de humedad, es decir requiere mas cantidad de agua para realizar la compactación del suelo arcilloso para su estabilización.

5.6.9. Capacidad de soporte (CBR)

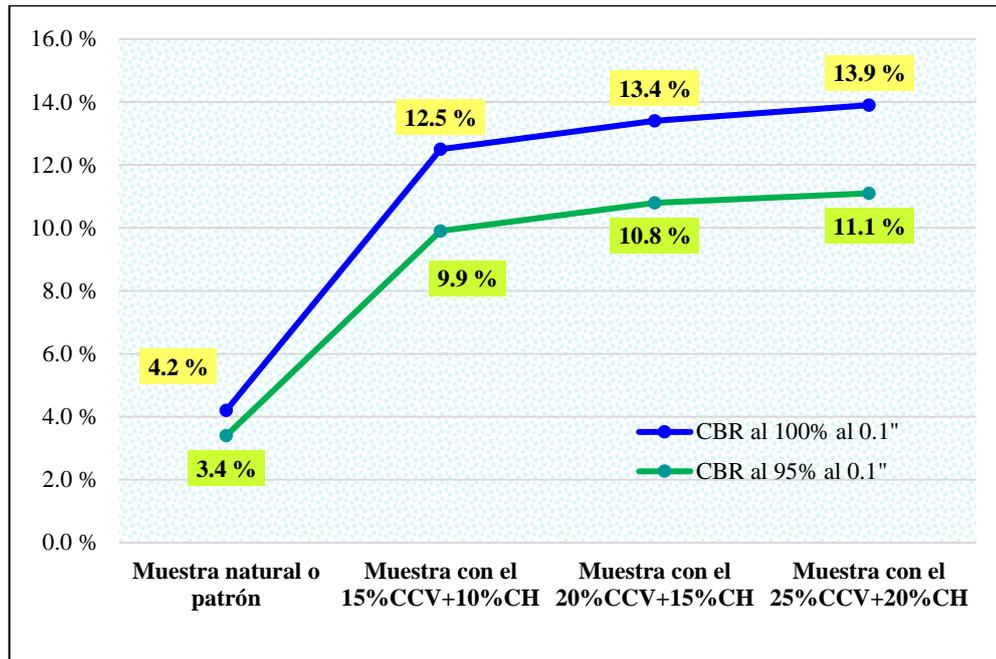
Es la relación de la presión del pistón al penetrar el suelo con cierta profundidad, el procedimiento de este ensayo se realiza con los parámetros designados por la NTP 399.145, ASTM D 1883 y MTC E 132.

Tabla N° 27: Resultados del CBR del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido

Descripción de las muestras	CBR al 100% al 0.1"	CBR al 95% al 0.1"
Muestra natural o patrón	4.2 %	3.4 %
Muestra con el 15%CCV+10%CH	12.5 %	9.9 %
Muestra con el 20%CCV+15%CH	13.4 %	10.8 %
Muestra con el 25%CCV+20%CH	13.9 %	11.1 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 10: Comportamiento de la capacidad de soporte (CBR) del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido



Fuente: Elaboración propia

En el presente Grafico N°10 se puede observar que la muestra natural no cumple con los parámetros de una subrasante que debe ser como mínimo un CBR de 6%, por lo que se incorporó la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido aumentado su resistencia.

Figura N° 20: Ensayo del CBR del suelo estabilizado con CCV y CH



Fuente: Elaboración propia

5.6.10. Expansión

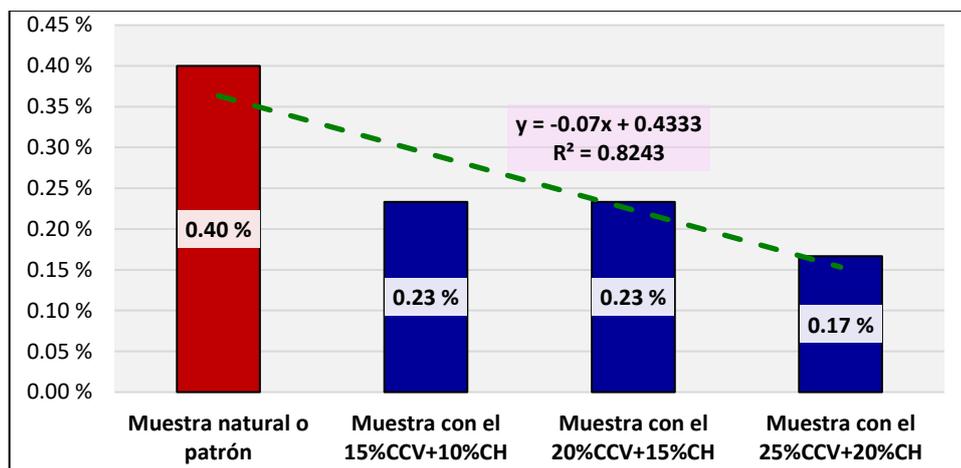
Es el proceso de hinchamiento del suelo al estar saturado con agua, el procedimiento se especifica en el MTC E 132.

Tabla N° 28: Resultados de la expansión del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo

Descripción de las muestras	Expansión en 96 horas (%)			Promedio de expansión (%)
	M-1	M-2	M-3	
Muestra natural o patrón	0.3	0.4	0.5	0.40 %
Muestra con el 15%CCV+10%CH	0.2	0.2	0.3	0.23 %
Muestra con el 20%CCV+15%CH	0.2	0.2	0.3	0.23 %
Muestra con el 25%CCV+20%CH	0.1	0.2	0.2	0.17 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 11: Comportamiento de la expansión del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y Cáscara de Huevo molido



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 21: Ensayo de expansibilidad del suelo estabilizado



Fuente: Elaboración propia

5.7. Prueba de hipótesis

5.7.1. Hipótesis “a”: Límites de consistencia del suelo

Evaluación de la muestra patrón con la normativa (L.L)

Formulación de la hipótesis

- Ho: La muestra de suelo natural tipo arcilla ligera arenosa cumple con las consideraciones de su límite líquido según la normativa.
- Hi: La muestra de suelo natural tipo arcilla ligera arenosa no cumple con las consideraciones de su límite líquido según la normativa.

Criterio para la toma de las decisiones:

- ✓ Si el T calculado > T teórico de tabla, No se Rechaza la Ho
- ✓ Si el T calculado < T teórico de tabla, Se Rechaza la Ho

Tabla N° 29: Resultados de la prueba de hipótesis T de student del cumplimiento de la muestra natural con la normativa enfocada al Límite Líquido

Límite Líquido de suelos		Parámetros normativos NTP 339.129 para Límite Plástico	
Descripción			
Muestra Natural	Media	24.80	Ho: M.C > L.P de
	N	2.00	26.6, rango de 2.4
	Desv.Estándar	0.85	Hi: M.C < L.P de
	Confianza	0.95	26.6, rango de 2.4
	Sig. (Unilateral)	0.05	Análisis de la hipótesis
	T teórico	-6.31	
	T Calculado	19.55	No se Rechaza Ho

Fuente: Elaboración propia

Decisión y conclusiones:

Según la prueba de hipótesis de la Tabla N°29 por el método T de student que el T Calculado obtenido es mayor al T teórico, por lo que se toma la decisión de no rechazar la hipótesis nula, concluyendo que el límite líquido de la muestra patrón que es un suelo de arcilla ligera arenosa se encuentra dentro del rango aceptable según la NTP 339.129.

Evaluación de la muestra experimental (L.L)

Formulación de la hipótesis

- Ho: La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo no incrementa su límite líquido en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.
- Hi: La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo incrementa su límite líquido en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.

Criterio para la toma de las decisiones:

- ✓ Si el T calculado > T teórico de tabla, No se Rechaza la Ho
- ✓ Si el T calculado < T teórico de tabla, Se Rechaza la Ho

Tabla N° 30: Resultados de la prueba de hipótesis T de student Límite Líquido del suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido

Límite Líquido de suelos / NTP 339.129 (%)		Suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y Cáscara de Huevo			
		Descripción	15%CCV+10%CH	20%CCV+15%CH	25%CCV+20%CH
Muestra Natural	Media	24.80	26.79	27.59	27.97
	N	2	2	2	2
	Desv.Estándar	0.85	0.85	0.85	0.85
	Confianza	0.95	0.95	0.95	0.95
	Sig. (Unilateral)	0.05	0.05	0.05	0.05
	T teórico	-6.31	-2.92	-2.92	-2.92
	T Calculado	19.55	-2.35	-3.29	-3.74
Análisis de la hipótesis	Ho: M.N > M.E con CCV+GH	No se Rechaza Ho	Se rechaza Ho	Se rechaza Ho	
	Hi: M.N < M.E con CCV+CH				

Fuente: Elaboración propia

Decisión y conclusión

Se puede observar en la Tabla N°30 la prueba de hipótesis T de student, donde los el valor del T calculado < T teórico, para las muestras que se incorporaron el 20%CCV + 15% CH y 25%CCV + 20%CH, rechaza la hipótesis nula, concluyendo que al adicionar estos porcentajes de estos componentes estabilizadores reciclados incrementan su Límite Líquido.

Evaluación de la muestra patrón con la normativa (L.P)

Formulación de la hipótesis

- Ho: La muestra de suelo natural tipo arcilla ligera arenosa cumple con las consideraciones de su límite plástico según la normativa.
- Hi: La muestra de suelo natural tipo arcilla ligera arenosa no cumple con las consideraciones de su límite plástico según la normativa.

Criterio para la toma de las decisiones:

- ✓ Si el T calculado > T teórico de tabla, No se Rechaza la Ho
- ✓ Si el T calculado < T teórico de tabla, Se Rechaza la Ho

Tabla N° 31: Resultados de la prueba de hipótesis T de student del cumplimiento de la muestra natural con la normativa enfocada al Límite Plástico

Límite Plástico de suelos (%)		Parámetros normativos NTP 339.129 para Límite Plástico	
Descripción			
Muestra Natural	Media	15.67	Ho: M.N > L.P de 15, rango de 2.6
	N	2.00	
	Desv.Estándar	0.03	Hi: M.N < L.P de 15, rango de 2.6
	Confianza	0.95	
	Sig. (Unilateral)	0.05	Análisis de la hipótesis
	T teórico	-6.31	
	T Calculado	130.00	No se Rechaza Ho

Fuente: Elaboración propia

Decisión y conclusiones:

En la Tabla N°31 se verifico la muestra natural si está dentro de los parámetros para un suelo de arcilla ligera arenosa la Norma Técnica Peruana, siendo el valor del T calculado > T teórico de tabla, por lo que acepta la hipótesis nula, concluyendo que la muestra patrón se encuentra dentro del rango del límite plástico establecido por el Manual de Carreteras de España que es de 15 – 50 según el tipo de suelo que se estudió.

Evaluación de la muestra experimental (L.P)

Formulación de la hipótesis

- Ho: La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo no incrementa su límite plástico en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.
- Hi: La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo incrementa su límite plástico en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.

Criterio para la toma de las decisiones:

- ✓ Si el T calculado > T teórico de tabla, No se Rechaza la Ho
- ✓ Si el T calculado < T teórico de tabla, Se Rechaza la Ho

Tabla N° 32: Resultados de la prueba de hipótesis T de student - Límite Plástico del suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido

Límite Plástico de suelos / NTP 339.129 (%)		Suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y Cáscara de Huevo			
		15%CCV+10%CH	20%CCV+15%CH	25%CCV+20%CH	
Muestra Natural	Descripción				
	Media	15.67	19.03	19.90	20.36
	N	2	2	2	2
	Desv.Estándar	0.03	0.02	0.06	0.25
	Confianza	0.95	0.95	0.95	0.95
	Sig. (Unilateral)	0.05	0.05	0.05	0.05
	T teórico	-6.31	-6.31	-6.31	-6.31
	T Calculado	130.00	-134.20	-85.80	-25.90
Análisis de la hipótesis	Ho: M.N > M.E con CCV+GH				
	Hi: M.N < M.E con CCV+CH	Se rechaza Ho	Se rechaza Ho	Se rechaza Ho	

Fuente: Elaboración propia

Decisión y conclusión

Se puede observar en la Tabla N°32 la prueba de hipótesis T de student, donde el valor del T calculado < T teórico, resultado de todas las muestras que se incorporaron la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo molido se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que al adicionar estos porcentajes de estos componentes estabilizadores reciclados incrementan su Límite Plástico.

5.7.2. Hipótesis “b”: Densidad Máxima seca

Evaluación de la muestra patrón con la normativa (D.M.S)

Formulación de la hipótesis

- Ho: La muestra de suelo natural tipo arcilla ligera arenosa cumple con las consideraciones de su densidad máxima seca para una subrasante según la normativa.
- Hi: La muestra de suelo natural tipo arcilla ligera arenosa no cumple con las consideraciones de su densidad máxima seca para una subrasante según la normativa.

Criterio para la toma de las decisiones:

- ✓ Si el T calculado > T teórico de tabla, No se Rechaza la Ho
- ✓ Si el T calculado < T teórico de tabla, Se Rechaza la Ho

Tabla N° 33: Resultados de la prueba de hipótesis T de student del cumplimiento de la muestra natural con la normativa enfocada a la Densidad Máxima Seca

Densidad Máxima Seca del Suelo compactado (g/cm ³)		Parámetros normativos NTP 339.141 Proctor Modificado	
Descripción			
Muestra Natural	Media	1.942	Ho: M.N > DMS (1.60-2.00) para un suelo CL
	N	2.00	
	Desv.Estándar	0.00	Hi: M.N < DMS (1.60-2.00) para un suelo CL
	Confianza	0.95	
	Sig. (Unilateral)	0.05	Análisis de la hipótesis
	T teórico por Tabla	-6.31	
	T Calculado	342.00		No se Rechaza Ho

Fuente: Elaboración propia

Decisión y conclusiones:

En la Tabla N°33 se puede observar que la prueba de hipótesis T de student donde el valor del T calculado > T teórico de tabla, por lo que confirma que el suelo natural cumple con los parámetros de una densidad máxima seca para arcillas que se encuentra en el rango de 1.60-2.0 g/cm³ según el Manual de Carretera de España.

Evaluación de la muestra experimental (D.M.S)

Formulación de la hipótesis

- Ho: La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo no incrementa su densidad máxima seca en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.
- Hi: La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo incrementa su densidad máxima seca en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.

Criterio para la toma de las decisiones:

- ✓ Si el T calculado > T teórico de tabla, No se Rechaza la Ho
- ✓ Si el T calculado < T teórico de tabla, Se Rechaza la Ho

Tabla N° 34: Resultados de la prueba de hipótesis T de student para la Densidad Máxima Seca del suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido

Proctor Modificado / NTP 339.141 (g/cm³)		Densidad Máxima Seca del Suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y Cáscara de Huevo			
Descripción		15%CCV+10%CH	20%CCV+15%CH	25%CCV+20%CH	
Muestra Natural	Media	1.942	1.939	1.889	1.891
	N	2	2	2	2
	Desv.Estándar	0.00	0.00	0.00	0.00
	Confianza	0.95	0.95	0.95	0.95
	Sig. (Unilateral)	0.05	0.05	0.05	0.05
	T teórico por Tabla	-6.31	-2.92	-2.92	-2.92
	T Calculado	342.00	2.12	37.48	36.06
	Análisis de la hipótesis	Ho: M.N > M.E con CCV+GH	No se Rechaza Ho	No se Rechaza Ho	No se Rechaza Ho
	Hi: M.N < M.E con CCV+CH				

Fuente: Elaboración propia

Decisión y conclusión

En la Tabla N°34 se visualiza la prueba de hipótesis T de student, donde el valor del T calculado > T teórico, para todas las muestras que se incorporaron la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo molido, donde se acepta la hipótesis nula, concluyendo que al adicionar estos porcentajes de los componentes estabilizadores reciclados no incrementa su Densidad Máxima Seca.

5.7.3. Hipótesis “c”: Capacidad de Soporte (CBR)

Evaluación de la muestra patrón con la normativa (CBR)

Formulación de la hipótesis

- Ho: La muestra de suelo natural tipo arcilla ligera arenosa cumple con las consideraciones de su valor de la capacidad de soporte (CBR) para una subrasante según la normativa.
- Hi: La muestra de suelo natural tipo arcilla ligera arenosa no cumple con las consideraciones de su valor de la capacidad de soporte (CBR) para una subrasante según la normativa.

Criterio para la toma de las decisiones:

- ✓ Si el T calculado > T teórico de tabla, No se Rechaza la Ho
- ✓ Si el T calculado < T teórico de tabla, Se Rechaza la Ho

Tabla N° 35: Resultados de la prueba de hipótesis T de student del cumplimiento de la muestra natural con la normativa enfocada a la capacidad de soporte (CBR)

CBR al 100% al 0.1" a Nivel de Subrasante (%)		Parámetros normativos NTP 399.145 para determinar el CBR
Descripción		
Muestra Natural	Media	4.85
	N	2.00
	Desv.Estándar	0.92
	Confianza	0.95
	Sig. (Unilateral)	0.05
	T teórico por Tabla	-6.31
	T Calculado	-15.62
		Ho: M.N > 6% de CBR
		Hi: M.N < 6% de CBR
		Análisis de la hipótesis
		Se rechaza Ho

Fuente: Elaboración propia

Decisión y conclusiones:

Se puede observar la Tabla N°35 la prueba de hipótesis T de student donde el valor del T calculado < T teórico de tabla, por lo que rechaza la hipótesis nula, donde confirma que el suelo natural no cumple con los parámetros de un CBR como mínimo de un 6% para una subrasante según el Manual de carreteras del ministerio de transportes y comunicaciones.

Evaluación de la muestra experimental (CBR)

Formulación de la hipótesis

- Ho: La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo no incrementa el valor de la capacidad de soporte (CBR) en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.
- Hi: La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo incrementa el valor de la capacidad de soporte (CBR) en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos.

Criterio para la toma de las decisiones:

- ✓ Si el T calculado > T teórico de tabla, No se Rechaza la Ho
- ✓ Si el T calculado < T teórico de tabla, Se Rechaza la Ho

Resultados de la prueba de hipótesis T de student

Tabla N° 36: Resultados de la prueba de hipótesis T de student para la Capacidad de Soporte (CBR) del suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido

	CBR al 100% al 0.1" a Nivel de Subrasante (%)	Suelo estabilizado con Ceniza de carbón vegetal y Cáscara de Huevo			
		Descripción	15%CCV+10%CH	20%CCV+15%CH	25%CCV+20%CH
	Media	4.85	12.65	14.40	14.25
	N	2	2	2	2
Muestra Natural	Desv.Estándar	0.92	0.21	1.41	0.49
	Confianza	0.95	0.95	0.95	0.95
	Sig. (Unilateral)	0.05	0.05	0.05	0.05
	T teórico por Tabla	-6.31	-6.31	-6.31	-6.31
	T Calculado	-15.62	-11.69	-8.01	-12.73
Análisis de la hipótesis	Ho: M.N > M.E con CCV+GH	Se rechaza Ho	Se rechaza Ho	Se rechaza Ho	Se rechaza Ho
	Hi: M.N < M.E con CCV+CH				

Fuente: Elaboración propia

Decisión y conclusión

En la Tabla N°36 se visualiza la prueba de hipótesis T de student, donde el valor del T calculado < T teórico, para todas las muestras que se incorporaron la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo molido, donde se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que al adicionar estos porcentajes de los componentes estabilizadores reciclados incrementan su Capacidad de Soporte (CBR).

CAÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Variación de los Límites de consistencia al incorporar la ceniza de carón vegetal y cáscara de huevo molido

De acuerdo a la NTP 339.129 se desarrolló el ensayo de Límite Líquido siendo visualizado los resultados obtenidos por el laboratorio en la Tabla N°15, donde el valor más pronunciado es la muestra que se incorporó el 25% CCV + 20%CH, el comportamiento de este suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido se pronuncia una línea de tendencia ascendente según el Gráfico N°2, es decir cuanto más se añada estos componentes estabilizadores reciclados se va aumenta su Límite Líquido.

Se evaluó el suelo Natural con las normativas según la Tabla N°29, donde la muestra cumple con el rango para un suelo tipo arcilla ligera arenosa. La prueba de hipótesis T de student al comparar los resultados del Límite Líquido del suelo Natural con el suelo estabilizado con los componentes reciclados se puede observar en la Tabla N°30, por lo que concluye que al adicionar el 20% CCV+15%CH y 25%CCV+20%CH incrementan su Límite Líquido.

Los resultados del Límite Plástico se observan en la Tabla N°16 y el comportamiento de las muestras experimentales en el Gráfico N°3, mostrándose una línea de tendencia ascendente, para la evaluación del suelo natural al estar dentro de los rangos según su clasificación si cumple con las normativas, se muestra en la Tabla N°31, relacionado al Manual de Carreteras de España el rango que estable para este suelo de arcilla ligera arenosa es de 15-50%.

La prueba de hipótesis T de student del Límite Plástico de la muestra experimental comparado con el suelo natural se evidencia los resultados en la Tabla N°32, siendo el valor del T calculado es menor el T teórico de tabla para todas las muestras estabilizadas con la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido por lo que se toma la decisión de rechazar la hipótesis nula, concluyendo que al adicionar estos componentes estabilizadores reciclados si incrementa su Límite Plástico.

Como se puede observar tanto el Límite Líquido y Límite Plástico del suelo estabilizado si incrementa sus valores, pero van relacionados con los valores del suelo natural, pero donde se resalta más en el índice de plasticidad que se muestra en la Tabla N°17 y el comportamiento de su plasticidad en el Gráfico N°4, concluyendo que al incorporar más porcentaje de CCV y CH, no incrementa su plasticidad, más al contrario se reduce.

6.2. Variación de la densidad máxima seca al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo molido

El desarrollo de este ensayo se elaboró de acuerdo a las especificaciones de la NTP339.141, visualizando los resultados obtenidos en la Tabla N°23, donde el suelo natural tiene una densidad máxima seca de 1.943% mientras que las muestras estabilizadas con ceniza de carbón y cáscara de huevo se reducen al ser adicionados más porcentaje, se puede visualizar este comportamiento en el Gráfico N°8, con una línea de tendencia descendente.

Se realizó una prueba de hipótesis a la muestra patrón para verificar si este suelo cumple con los parámetros de la norma para un suelo de arcilla ligera arenosa, se muestra estos resultados en la Tabla N°33, concluyendo que la

muestra si cumple con las especificaciones del manual de carreteras de España, que debe estar en un rango de 1.6 a 2 g/cm³ para este tipo de suelo.

Para la evaluación del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido mediante la prueba de hipótesis se muestra en la Tabla N°34, siendo el valor del T calculado mayor al T teórico de tabla para todas las muestras experimentales, decidiendo que se acepta la hipótesis nula, concluyendo que al adicionar estos componentes estabilizadores reciclados no incrementan su densidad máxima seca del suelo.

6.3. Capacidad de soporte (CBR) al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la Cáscara de huevo molido

Se identifico la capacidad de soporte del suelo Natural de acuerdo a las especificaciones de la NTP 399.145 para desarrollo del ensayo, los resultados obtenido se muestra en la Tabla N°27, siendo la muestra patrón que no cumple el parámetro para una subrasante que debe tener como mínimo el 6% de su CBR, se verifico esta afirmación con la prueba de hipótesis en la Tabla N°35, el comportamiento que tiene este suelo estabilizado al pasar por el ensayo de CBR muestra un aumento de sus valores se puede observar en el Gráfico N°10.

La prueba de hipótesis que se sometió los resultados del CBR a los 0.1” a nivel de subrasante por el método T de student según la Tabla N°36, el valor del T calculado es menor al T teórico por lo que se rechaza la hipótesis nula (H₀), esto sucede para todas las muestras experimentales, por lo que se afirma que al incorporar la ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido si incrementa su resistencia del suelo y cumple con los requisitos mínimos para una estabilización de una subrasante.

Sobre su expansión del suelo estabilizado con estos componentes reciclados se reduce al ser incorporado más porcentaje, presentado una línea de tendencia descendente se puede observar en el Gráfico N°11.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que la incorporación de la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo molido es eficiente en la estabilización de un suelo cohesivo a nivel de subrasante, donde reduce su plasticidad y su expansión al estar saturado, se mantiene su densidad máxima seca para el tipo de suelo, su capacidad de soporte se incrementa con valores muy resaltantes, con decir que se duplica el valor mínimo del 6% del CBR para una subrasante.
2. Los Límites de consistencia se incrementan al adicionar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo molido donde el Límite plástico presenta una diferencia con la muestra natural es de 8.22%, 11.53% y 13.10%, mientras el Límite líquido es 21.44%, 26.99% y 29.93%, por lo que se puede evidenciar que el valor que se incrementa más es el L.P, al obtener el índice de plasticidad se reduce, por lo que explica que cuanto más se añada los componentes estabilizadores reciclados se reduce su plasticidad en 16.06%, 16.88% y 17.82% de forma lenta.
3. La densidad máxima seca del suelo estabilizado con ceniza de carbón vegetal y cáscara de huevo molido no incrementa al ser adicionados los porcentajes designados, se mantiene en el rango de un suelo arcilloso que es 1.6 a 2.0 g/cm³.
4. La capacidad portante (CBR) se incrementa al ser adicionado la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo molido en la estabilización del suelo, superando el CBR mínimo de 6% a nivel de subrasante, para la muestra con el 15% CCV + 10% CH su CBR al 100% (1") fue de 12.5% y al 95% es 9.9%, para el 20% CCV + 15% CH su CBR al 100% (1") fue de 13.4% y al 95% es 10.8%, 25% CCV + 20% CH su CBR al 100% (1") es 13.9% y al 95% es 11.1%, los resultados para el suelo natural para el CBR al 100% (1") fue de 4.2% y al 95% es 3.4%, también se puede resaltar la expansión de este suelo estabilizado con los componentes reciclados al estar sumergido en el agua, reduciéndose en 42.50%, 42.50% y 57.50% al ser comparado con el suelo Natural.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso del 25% de ceniza de carbón vegetal y 20% de cáscara de huevo en la estabilización de un suelo cohesivo puesto que mejora su capacidad de soporte, expansión, índice de plasticidad, para las investigaciones futuras se propone realizar un estudio más profundo del comportamiento químico al estar en contacto estos componentes reciclados con el suelo.
2. Se recomienda monitorear el contador de la copa Casagrande que este calibrado para obtener resultados eficientes.
3. Se recomienda realizar determinar correctamente el Método de compactación para realizar el ensayo Proctor modificado y poder obtener los valores reales de la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad.
4. Se recomienda todos los porcentajes que se añadió la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización del suelo de arcilla ligera arenosa, puesto que cumple con los parámetros para una subrasante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ASHES. 2019.** Ceniza de Carbón Vegetal Vs Ceniza de Carbón vegetal activado. [En línea] 2019. [Citado el: 15 de Marzo de 2023.] <https://www.ashestolife.es/ceniza-de-carbon-vegetal-vs-ceniza-de-carbon-vegetal-activado/>.
2. **ASHES, L. 2022.** Uso de la ceniza vegetal para la restauración de ecosistemas. [En línea] 2022. [Citado el: 08 de Marzo de 2023.] <https://www.ashestolife.es/uso-de-la-ceniza-vegetal-para-la-restauracion-de-ecosistemas/>.
3. **ASTM D2487. 2011.** Práctica estándar para la Clasificación de Suelos para Propósito de Ingeniería (Sistema de Clasificación Unificada de Suelos. 2011.
4. **Bañón, L. y Beviá, J. 2000.** Manual de Carreteras Volumen II: Construcción y mantenimiento. *Suelos* . s.l., España : Dirección de carreteras, 2000. Vol. Vol. II.
5. **Braja, M. 2015.** *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. s.l. : CENGAGE LEARNING, 2015. Vol. 4ta.
6. **Calvo, S. 2019.** Revaloración de la cáscara de huevo para su empleo como catalizador en el tratameinto de agua residuales. s.l., España : Universidad de Oviedo, 2019.
7. **ETGC. 2014.** Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción . *Manual de Carreteras*. Lima : Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2014.
8. **FAO. 2014.** Carbón vegetal. [ed.] Adam Brown Jonathan Agwe. *Modulo Opciones de Uso Final de la Energía*. s.l., Canadá : BEFS, 2014.
9. **Juárez, E. y Rico, A. 2005.** *Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. s.l. : Limusa, 2005. Vol. Tomo 1.
10. **MEM. 2016.** Manual de ensayo de materiales . *Dirección General de Caminos y Ferrocarriles*. s.l. : Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2016.
11. **MTC. 2014.** Manual de carreteras - Suelos Gelogía, Geotecnia y Pavimentos. *Sección Suelos y Pavimentos*. Lima : Miniesterio de Tranasportes y comunicaciones, 2014.
12. **NTP 339.127. 2019.** SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. *Norma Técnica Peruana*. Lima : INACAL, 2019.
13. **NTP 339.128. 2019.** SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. *Norma Técnica Peruana*. Lima : INACAL, 2019.
14. **NTP 339.141. 2014.** SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m3). *Norma Técnica Peruana*. Lima : INACAL, 2014.

15. **Pérez, A., Morales, J. y Cruz, S. 2016.** Utilización del cascarón de huevo como elemento constitutivo en agregados para aumentar las propiedades mecánicas de un material. s.l. : Instituto Tecnológico Superior de Misantla, 2016. Vol. Vol.1, N°2.
16. **Rico, A. y Castillo, H. 1992.** Consideraciones sobre Compactación de Suelos en Obras de Infraestructura de Transportes. *Secretaria de Comunicaciones y Transportes*. s.l., México : Instituto Mexicano del Transporte, 1992.
17. **SISIB. 2004.** La Cásacara de huevo: Un modelo de biomineralización. *Organización estructural y composición de las cáscaras del huevo*. [En línea] 2004. [Citado el: 21 de Marzo de 2023.] https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_simple/0,1420,SCID%253D18366%2526ISID%253D452%2526PRT%253D18364,00.html#:~:text=Qu%C3%ADmicamente%20est%C3%A1%20compuesta%20de%201,%2C3%25%20de%20materia%20.
18. **Stadelman, W. y Cotterill, O. 1973.** *Egg Science and Technology*. Connecticut : Avi company, 1973. Inc. P.O Box 831.

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de consistencia

“INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVO, HUANCAYO - JUNÍN”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la eficacia de incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos, Huancayo – Junín?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar la eficacia de incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos, Huancayo - Junín.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La incorporación de la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo es eficiente en la estabilización de la subrasante del suelo cohesivo, Huancayo – Junín.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Ceniza de carbón vegetal</p> <p>Variable Independiente:</p> <p>Cáscara de huevo</p>	<p>Densidad</p> <p>Dosificación</p> <p>Densidad</p> <p>Dosificación</p>	<p>Método de densidad máxima y mínima</p> <p>Incorporación del 15%,20% y 25%</p> <p>Método de densidad máxima y mínima</p> <p>Incorporación del 10%,15% y 20%</p>	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Científico.</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Aplicada.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Explicativo</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Experimental</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA:</p> <p>POBLACIÓN: Se tiene como población una subrasante que está conformado por un suelo cohesivo que se encuentra ubicado en la provincia de Huancayo, Palian-Chorrillos con una longitud de 1 km, donde se estudió 4 ensayo de Proctor modificado, 4 ensayos para el CBR, 4 limites líquidos y 4 limites plásticos.</p> <p>MUESTRA: Se realizó el estudio en una muestra de 100 m de longitud en la que se ejecutó una calicata de profundidad de 1.5 m, se extrajo muestra de suelo para realizar la investigación como muestra patrón y se combinó con los porcentajes de 15%,20% Y 25% de ceniza de carón vegetal y 10%,15% Y 20% cáscara de huevo que se añadirán al suelo cohesivo para su estabilización.</p>
<p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es la variación de los límites de consistencia al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos? - ¿De qué manera varía la densidad máxima seca al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos? - ¿Cómo se modifica la capacidad de soporte (CBR) al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos? 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la variación de los límites de consistencia al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos. - Determinar la variación de la densidad máxima seca al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos. - Determinar cómo se modifica la capacidad de soporte (CBR) al incorporar la ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos. 	<p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo incrementa los límites de consistencia en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos. - La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo incrementa su densidad máxima seca en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos. - La incorporación de ceniza de carbón vegetal y la cáscara de huevo incrementa el valor de la capacidad de soporte (CBR) en la estabilización de la subrasante de suelos cohesivos. 	<p>Variable dependiente:</p> <p>Estabilización de suelos cohesivos</p>	<p>Límites de consistencia</p> <p>Densidad máxima seca</p> <p>Capacidad de soporte (CBR)</p>	<p>limite líquido y plástico</p> <p>Es el punto máximo de compactación por medio del ensayo de Proctor modificado.</p> <p>Determinación de la resistencia que puede soportar al estar sometido a una sobrecarga con una prensa.</p>	

Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables

“INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVO, HUANCAYO - JUNÍN”

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
1: Variable Independiente Ceniza de carbón vegetal	Es considerado como un material fino que se produce por la combustión del carbón vegetal expuesto a altas temperaturas durante un tiempo establecido.	La ceniza de carbón vegetal se operacionaliza mediante sus dimensiones: - D1: Densidad - D2: Dosificación	Densidad Dosificación	Método de densidad máxima y mínima Incorporación del 15%,20% y 25%
2: Variable Independiente Cáscara de huevo	Es llamado también cascarón que comprende la cubierta protectora del huevo y representa aproximadamente el 9 a 12% del peso del huevo, que sería un aproximado la masa de 5 y 7gr, uno de los componentes principales es el carbonato de calcio además de otros minerales como el calcio 2.21 g (93.3%), fosforo 0.02 g (0.85%), magnesio 0.02 g (0.85%) y hierro. (Pérez, y otros, 2016)	La cáscara de huevo se operacionaliza mediante sus dimensiones: - D1: Densidad - D2: Dosificación	Densidad Dosificación	Método de densidad máxima y mínima Incorporación del 10%,15% y 20%
3: Variable Dependiente Estabilización de suelos cohesivos	Es la composición de pequeñas partículas como la arcilla que mediante la propiedad de cohesión que mantiene unidad a los materiales que lo rodean, pero al momento de ser saturado con agua por prolongado tiempo tiende a debilitarse, por lo que se somete a una estabilización con elementos químicos, mecánicos y naturales, con la finalidad de mejorar su compactación y puedan soportar altas cargas vehiculares.	Estabilización de suelos cohesivos se operacionalizan mediante las dimensiones: - D1: Límites de consistencia - D2: Densidad máxima seca - D3: Capacidad de soporte	Límites de consistencia Densidad máxima seca Capacidad de soporte (CBR)	limite líquido y plástico Es el punto máximo de compactación por medio del ensayo de Proctor modificado. Determinación de la resistencia que puede soportar al estar sometido a una sobrecarga con una prensa.

Anexo N°03: Matriz de operacionalización de instrumentos

“INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVO, HUANCAYO - JUNÍN”

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
				1	2	3	4	5
1: Variable Independiente Ceniza de carbón vegetal	Densidad	Método de densidad máxima y mínima	Medición en g/cm ³				X	
	Dosificación	Incorporación del 15%, 20% y 25%	Porcentaje				x	
2: Variable Independiente Cáscara de huevo	Densidad	Método de densidad máxima y mínima	Medición en g/cm ³				X	
	Dosificación	Incorporación del 10%, 15% y 20%	Porcentaje				x	
3: Variable Dependiente Estabilización de suelos cohesivos	Límites de consistencia	limite líquido y plástico	Porcentaje					X
	Densidad máxima seca	Es el punto máximo de compactación por medio del ensayo de Proctor modificado.	Medición en g/cm ³					X
	Capacidad de soporte (CBR)	Determinación de la resistencia que puede soportar al estar sometido a una sobrecarga con una prensa.	Porcentaje					X

Anexo N°04: Panel Fotográfico

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTA DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

"INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVO, HUANCAYO – JUNÍN"

TESISITA: Bach. QUISPE MATAMOROS, Dante Darío

Muestreo del suelo según la NTP 339.150 / ASTM D 420 / MTC E 101



Apertura de una calicata para el muestreo del suelo a nivel de subrasante.



Inspección de la calicata y mediciones de cada estrato que se encuentra en la calicata.



Extracción del material de cada estrato y la muestra más inestable a una profundidad 1 m, para luego ser llevado al laboratorio de suelos y sea analizado.

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTA DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS:

“INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVO, HUANCAYO – JUNÍN”

TESISITA: Bach. QUISPE MATAMOROS, Dante Darío

Ensayo de Contenido de Humedad del suelo según la NTP 339.127 / ASTM D 2216 / MTC E 108



Se extra la muestra representativa se pesa la muestra humedad y se lleva a un horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y obtener la masa seca del suelo.

Ensayo de Análisis granulométrico del suelo según la NTP 339.128 / ASTM D 422 / MTC E 107



El primer paso es realizar el cuarteo para extraer la muestra representativa, se extrae la cantidad requerida como mínimo en la norma según su tamaño máximo de la partícula, se seca a una temperatura constante para obtener la masa inicial, posteriormente se satura con agua por 24 h para luego ser lavada y secada (masa final), después de esto se tamiza con las mallas según las normativas.

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTA DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS:

“INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVO, HUANCAYO – JUNÍN”

TESISITA: Bach. QUISPE MATAMOROS, Dante Darío

Ensayo de Límite Líquido del suelo según la NTP 339.129 / ASTM D 4318 / MTC E 110



La muestra se seca a una temperatura constante, se deja enfriar y se tamiza por la malla N°40, para realizar el ensayo con el instrumento copa Casagrande y realizar las anotaciones correspondientes.

Ensayo del Límite Plástico del suelo según la NTP 339.129 / ASTM D 4318 / MTC E 111



Para realizar el ensayo se requiere que la muestra sea de la pasante de la malla N°40, se humedece para realizar el rodamiento en una superficie lisa en forma de barritas sin que se desmoronen.

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTA DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS:

“INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVO, HUANCAYO – JUNÍN”

TESISITA: Bach. QUISPE MATAMOROS, Dante Darío

Ensayo de Equivalente de Arena del suelo según la NTP 339.146 / ASTM D 2419 / MTC E 114



Se realiza de forma manual la agitación de la muestra de suelo con la sustancia química, y se deja un tiempo de reposo, para luego seguir agitando cuando se finaliza se sumerge el medidor para determinar qué cantidad de área y finos se encuentra en la muestra.

Ensayo del Proctor Modificado del suelo según la NTP 339.141 / ASTM D 1557 / MTC E 115



Se realiza la combinación del suelo con el agua, más los componentes estabilizadores reciclados que se propone en la investigación.



El molde a emplea es de 4”, puesto que el método es “A”, siendo la cantidad de 5 capas y 25 golpes por capa, se compacta y se enrasa para ser pesada y se saca su optimo contenido de humedad.

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTA DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS:

“INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVO, HUANCAYO – JUNÍN”

TESISITA: Bach. QUISPE MATAMOROS, Dante Darío

Ensayo del CBR del suelo según la NTP 399.145 / ASTM D 1883 / MTC E 132



El molde a utilizar es el de 6”, la cantidad de capas a compacta es de 5, se realiza el ensayo para tres moldes, el primero se compacta con 56 golpes, el segundo con 25 golpes y el tercero con 12 golpes.



Después de la compactación se sumerge en agua por 4 días y se mide la expansión.



Se retira el molde de la poza de agua para luego ser ensayado con la maquina de penetración.

Anexo N°05: Certificados de los ensayos por el Laboratorio



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

MASTERESPI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
PETICIONARIO	:	BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO	EXCAVACIÓN	: C-01
ATENCIÓN	:	BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO	NIVEL FREÁTICO	: NO PRESENTA
TESIS	:	"INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"	DIMENSIO. DE EXCAV.	: 1.3 x 1.0 x 2.0 m
UBICACIÓN	:	HUANCAYO - JUNÍN	FECHA DE INICIO	: 1/02/2023
MÉTODO DE EXCAVACIÓN	:	MAQUINARIA	FECHA DE TERMINO	: 1/02/2023
			REGISTRADO POR	: D.Q.M.
			REVISADO POR	: K.E.V
ASTM D2488 - 09a: Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)				
PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN		HUMEDAD (%)	DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACTAD, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MÁXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
	SÍMBOLOS	GRÁFICO		
0.30	PT		12.0	Material orgánico, color café claro, con presencia de raíces y cobertura vegetal, en estado húmedo al tacto.
2.00	CL		10.7	Arcilla ligera, de color beige oscuro, de plasticidad alta, en estado compacto, húmedo al tacto.
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS			OBSERVACIONES:	
Re:				
S/M: Sin muestra			Calicata N° 1	
M-01 Muestra Alterada				



J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIO
Tesis : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : HUANCAYO -JUNIN
Fecha de recepción : miércoles, 1 de Febrero de 2023
Fecha de emisión : lunes, 6 de Febrero de 2023

Normativa:

ASTM D6913 / D6913M - 17

Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)

SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

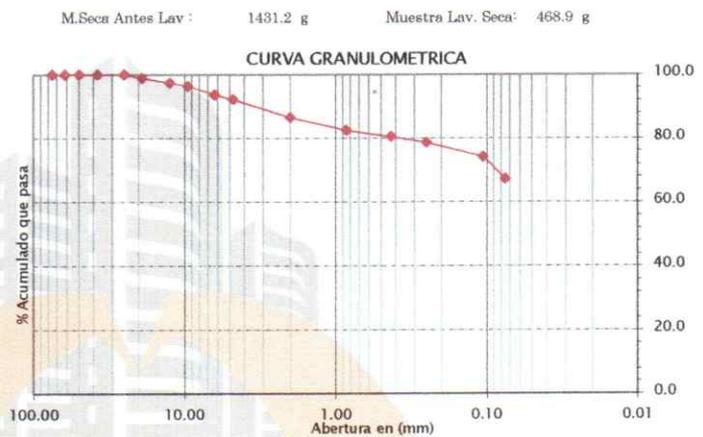
ASTM D4318 - 17e1

Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Reteni.	%Reten.	%Reten. Acumul.	% Pasa
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	17.2	1.2	1.2	98.8
1/2"	12.50	19.8	1.4	2.6	97.4
3/8"	9.50	15.0	1.0	3.6	96.4
1/4"	6.30	0.0	0.0	3.6	93.6
N°4	4.75	58.9	4.1	7.7	92.3
N°10	2.00	81.8	5.7	13.5	86.5
N°20	0.85	58.2	4.1	17.5	82.5
N°40	0.43	28.6	2.0	19.5	80.5
N°60	0.25	27.5	1.9	21.5	78.5
N°140	0.106	63.2	4.4	25.9	74.1
N°200	0.075	98.7	6.9	32.8	67.2

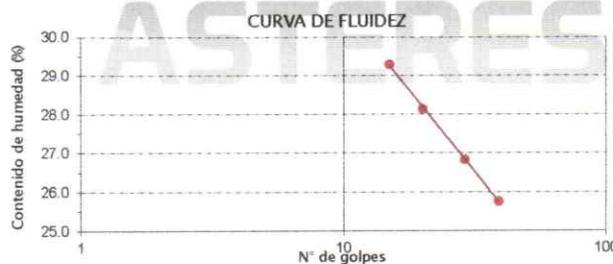


L. LIQUIDO

N° Gol	w (%)
39	25.77
29	26.84
20	28.15
15	29.30

L. PLASTICO

20.18 %
20.54 %



LIMITE LIQUIDO :	27.37 %
LIMITE PLASTICO :	20.36 %
INDICE PLASTICO :	7.01 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA LIGERA ARENOSA	
CLASIF. AASHTO :	A-4 (S)
CONT. HUMEDAD (%) :	12.06

MUESTRA	SUELO NATURAL + 25%CCV + 20%CH
PROF. DE EXTRACCIÓN DE MUESTRA	1.00 M

OBSERVACIONES:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)

Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119

Estufa utilizada: Modelo STHX-1A, Serie 17824 - Calibrada por TEST y CONTROL Equipos (Certificado de Calibración N°12159-22)

Balanza OHAUS SE602F, N° Serie 8358190110 - 600gr. Calibrada por TEST y CONTROL Equipos (Certificado de Calibración N°12165-2022)



J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

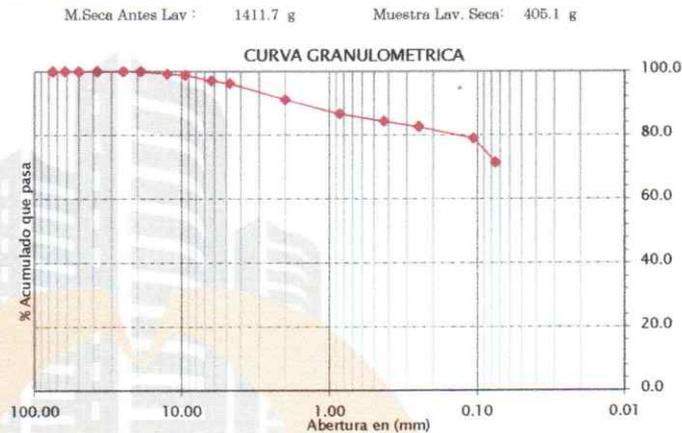
Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIO
Tesis : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : HUANCAYO -JUNIN
Fecha de recepción : miércoles, 1 de Febrero de 2023
Fecha de emisión : lunes, 6 de Febrero de 2023

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

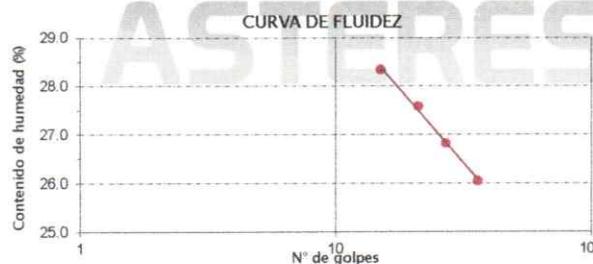
ASTM D4318 - 17e1
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Reteni.	%Reten.	%Reten. Acumul.	% Pasa
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	11.8	0.8	0.8	99.2
3/8"	9.50	5.0	0.4	1.2	98.8
1/4"	6.30	0.0	0.0	1.2	97.0
N°4	4.75	36.9	2.6	3.8	96.2
N°10	2.00	72.3	5.1	8.9	91.1
N°20	0.85	62.5	4.4	13.4	86.6
N°40	0.43	33.2	2.4	15.7	84.3
N°60	0.25	25.2	1.8	17.5	82.5
N°140	0.106	49.2	3.5	21.0	79.0
N°200	0.075	109.0	7.7	28.7	71.3



L. LIQUIDO	
N° Gol	w (%)
36	26.05
27	26.83
21	27.59
15	28.35

L. PLASTICO	
19.94 %	
19.85 %	



LIMITE LIQUIDO :	26.99 %
LIMITE PLASTICO :	19.90 %
INDICE PLASTICO :	7.09 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA LIGERA CON ARENA	
CLASIF. AASHTO :	A-4 (3)
CONT. HUMEDAD (%) :	11.68

MUESTRA	SUELO NATURAL+ 20%CCV+15%CH
PROP. DE EXTRACCION DE MUESTRA	1.00 M

% Grava	% Arena	% Finos
3.80	24.89	71.31

OBSERVACIONES:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)
Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119
Estufa utilizada: Modelo STHX-1A, Serie 17824 - Calibrada por TEST y CONTROL Equipos (Certificado de Calibración N°12159-22)
Balanza OHAUS SE602F, N° Serie 8358190110 - 600gr. Calibrada por TEST y CONTROL Equipos (Certificado de Calibración N°12165-2022)



J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

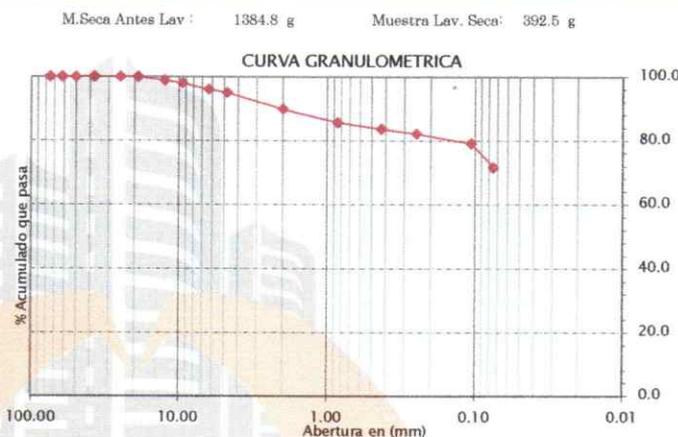
Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIO
Tesis : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : HUANCAYO -JUNIN
Fecha de recepción : miércoles, 1 de Febrero de 2023
Fecha de emisión : lunes, 6 de Febrero de 2023

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M · 17
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

ASTM D4318 · 17e1
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el

Tamiz	Abertura	Reteni.	%Reten.	%Reten. Acumul.	% Paso
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	16.3	1.2	1.2	98.8
3/8"	9.50	10.4	0.8	1.9	98.1
1/4"	6.30	0.0	0.0	1.9	96.0
N°4	4.75	42.0	3.0	5.0	95.0
N°10	2.00	72.3	5.2	10.2	89.8
N°20	0.85	57.7	4.2	14.3	85.7
N°40	0.43	27.3	2.0	16.3	83.7
N°60	0.25	20.9	1.5	17.8	82.2
N°140	0.106	42.8	3.1	20.9	79.1
N°200	0.075	102.8	7.4	28.3	71.7

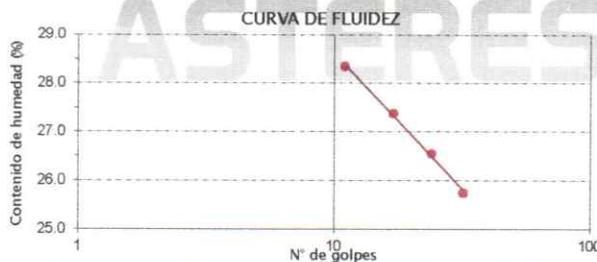


L. LIQUIDO

N° Gol	w (%)
32	25.75
24	26.55
17	27.38
11	28.35

L. PLASTICO

19.04 %
19.01 %



LIMITE LIQUIDO :	26.19 %
LIMITE PLASTICO :	19.03 %
INDICE PLASTICO :	7.16 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA LIGERA CON ARENA	
CLASIF. AASHTO :	A-4 (S)
CONT. HUMEDAD (%) :	11.05

MUESTRA	SUELO NATURAL + 15%CCV+10%CH
PROF. DE EXTRACCIÓN DE MUESTRA	1.00 M

% Grava	% Arena	% Finos
4.96	23.38	71.66

OBSERVACIONES:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)

Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119

Estufa utilizada: Modelo STHX-1A, Serie 17824 - Calibrada por TEST y CONTROL. Equipos (Certificado de Calibración N°12159-22)

Balanza OHAUS SE602F, N° Serie 8358190110 - 600gr. Calibrada por TEST y CONTROL. Equipos (Certificado de Calibración N°12165-2022)



J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIO
Tesis : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : HUANCAYO -JUNIN
Fecha de recepción : miércoles, 1 de Febrero de 2023
Fecha de emisión : lunes, 6 de Febrero de 2023

Normativa :

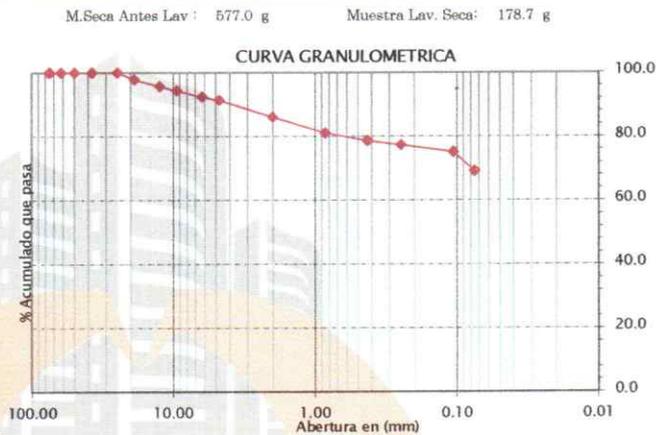
ASTM D6913 / D6913M - 17
Standard Test Methods for Particle Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

ASTM D4318 - 17e1
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

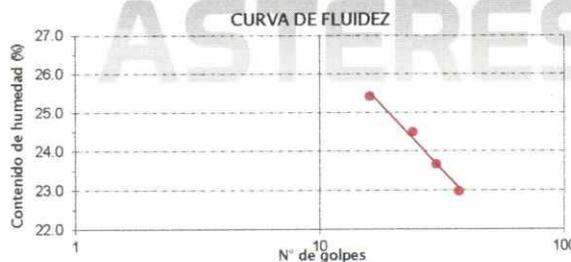
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para determinar el limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Reteni.	%Reten.	%Reten. Acumul.	% Pasa
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	12.5	2.2	2.2	97.8
1/2"	12.50	12.7	2.2	4.4	95.6
3/8"	9.50	7.5	1.3	5.7	94.3
1/4"	6.30	0.0	0.0	5.7	92.3
N°4	4.75	17.3	3.0	8.7	91.3
N°10	2.00	30.8	5.3	14.0	86.0
N°20	0.85	29.0	5.0	19.0	81.0
N°40	0.43	13.4	2.3	21.4	78.6
N°60	0.25	7.8	1.4	22.7	77.3
N°140	0.106	13.2	2.3	25.0	75.0
N°200	0.075	34.5	6.0	31.0	69.0



L. LIQUIDO

N° Gol	w (%)
37	22.99
30	23.68
24	24.51
16	25.43



LIMITE LIQUIDO :	24.20 %
LIMITE PLASTICO :	15.67 %
INDICE PLASTICO :	8.53 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA LIGERA ARENOSA	
CLASIF. AASHTO :	A-4 (3)
CONT. HUMEDAD (%) :	10.74

L. PLASTICO

15.65 %
15.69 %

MUESTRA	SUELO NATURAL
PROP. DE EXTRACCION DE MUESTRA	1.00 M

% Grava	% Arena	% Finos
10.31	18.92	70.77

OBSERVACIONES:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

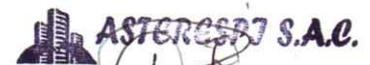
EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)

Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119

Estufa utilizada: Modelo STHX-1A, Serie 17824 - Calibrada por TEST y CONTROL Equipos (Certificado de Calibración N°12159-22)

Balanza OHAUS SE602F, N° Serie 8358190110 - 600gr. Calibrada por TEST y CONTROL Equipos (Certificado de Calibración N°12165-2022)



J. g. Kathryn Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIO
Tesis : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Fecha de rece : miércoles, 1 de Febrero de 2023
Fecha de emi : lunes, 6 de Febrero de 2023

Normativa :

ASTM D4318 - 17e1

Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

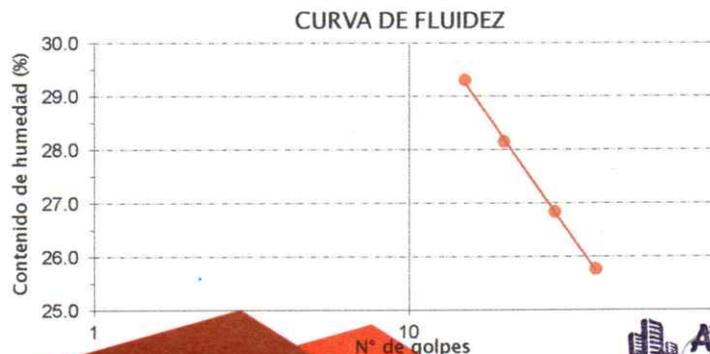
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición.

MUESTRA 4 SUELO NATURAL + 25%CCV+20%CH				
LIMITE LIQUIDO				
ENSAYO N°	1	2	3	4
N° de Golpes	39	29	20	15
Peso del Recipiente + Suelo Hum. (g.)	48.37	38.36	45.27	46.30
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g.)	43.93	33.36	40.49	41.22
Peso de agua (g.)	4.44	5.00	4.78	5.08
Peso de Recipiente (g.)	26.70	14.75	23.50	23.88
Peso de S. Seco (g.)	17.23	18.61	16.99	17.34
% de Humedad	25.77	26.84	28.15	29.30

LIMITE PLASTICO		
ENSAYO N°	1	2
Peso del Recipiente + Suelo Hum. (g.)	44.373	43.73
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g.)	42.67	41.98
Peso de agua (g.)	1.70	1.75
Peso de Recipiente (g.)	34.23	33.46
Peso de S. Seco (g.)	8.44	8.52
% de Humedad	20.18	20.54

RESULTADOS	CASAGRANDE
Límite Líquido:	27.37
Límite Plástico:	20.36
Índice de Plasticidad:	7.01



ASTERESPI S.A.C.
I g. Katherine Espintu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIO
Tesis : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : HUANCAYO -JUNIN
Fecha de rece : miércoles, 1 de Febrero de 2023
Fecha de emi : lunes, 6 de Febrero de 2023

Normativa :

ASTM D4318 - 17e1

Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

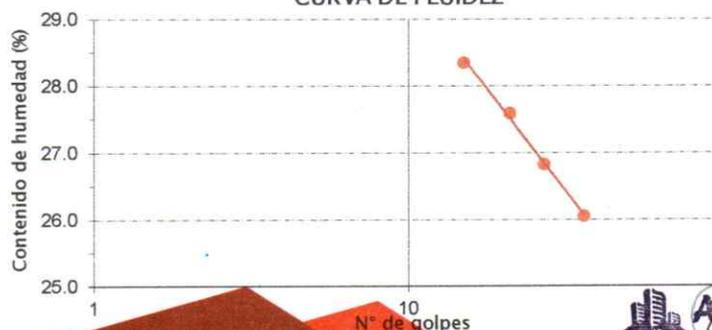
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición.

MUESTRA 3 SUELO NATURAL+ 20%CCV+15%CH				
LIMITE LIQUIDO				
ENSAYO N°	1	2	3	4
N° de Golpes	36	27	21	15
Peso del Recipiente + Suelo Hum. (g.)	46.35	45.97	47.32	38.00
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g.)	41.63	41.23	42.15	33.85
Peso de agua (g.)	4.72	4.74	5.17	4.15
Peso de Recipiente (g.)	23.51	23.56	23.41	19.21
Peso de S. Seco (g.)	18.12	17.67	18.74	14.64
% de Humedad	26.05	26.83	27.59	28.35

LIMITE PLASTICO			
ENSAYO N°	1	2	
Peso del Recipiente + Suelo Hum. (g.)	43.32	43.36	/
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g.)	41.96	41.98	
Peso de agua (g.)	1.36	1.38	
Peso de Recipiente (g.)	35.14	35.02	
Peso de S. Seco (g.)	6.82	6.96	
% de Humedad	19.94	19.85	

CURVA DE FLUIDEZ



RESULTADOS	CASAGRANDE
Límite Líquido:	26.99
Límite Plástico:	19.90
Índice de Plasticidad:	7.09



J. g. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIO
Tesis : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : HUANCAYO -JUNIN
Fecha de rece : miércoles, 1 de Febrero de 2023
Fecha de emi : lunes, 6 de Febrero de 2023

Normativa :

ASTM D4318 - 17e1

Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

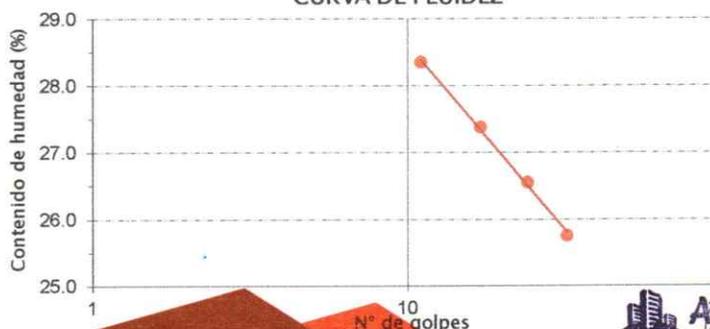
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición.

MUESTRA 2 SUELO NATURAL + 15%CCV+10%CH				
LIMITE LIQUIDO				
ENSAYO N°	1	2	3	4
Nº de Golpes	32	24	17	11
Peso del Recipiente + Suelo Hum. (g.)	49.88	34.83	47.51	48.88
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g.)	45.21	30.66	42.79	43.96
Peso de agua (g.)	4.67	4.17	4.72	4.92
Peso de Recipiente (g.)	27.09	14.95	25.55	26.6
Peso de S. Seco (g.)	18.12	15.71	17.24	17.36
% de Humedad	25.75	26.55	27.38	28.35

LIMITE PLASTICO		
ENSAYO N°	1	2
Peso del Recipiente + Suelo Hum. (g.)	46.14	45.01
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g.)	44.51	43.24
Peso de agua (g.)	1.63	1.77
Peso de Recipiente (g.)	35.95	33.93
Peso de S. Seco (g.)	8.56	9.31
% de Humedad	19.04	19.01

CURVA DE FLUIDEZ



RESULTADOS	CASAGRANDE
Límite Líquido:	26.19
Límite Plástico:	19.03
Índice de Plasticidad:	7.16

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIO
Tesis : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : HUANCAYO -JUNIN
Fecha de rece : miércoles, 1 de Febrero de 2023
Fecha de emi : lunes, 6 de Febrero de 2023

Normativa :

ASTM D4318 - 17e1

Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

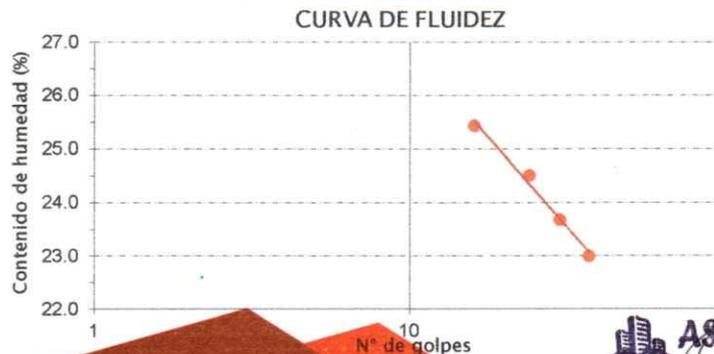
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición.

MUESTRA 1 SUELO NATURAL				
LIMITE LIQUIDO				
ENSAYO N°	1	2	3	4
N° de Golpes	37	30	24	16
Peso del Recipiente + Suelo Hum. (g.)	36.85	35.55	32.94	35.01
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g.)	32.72	31.57	29.34	30.92
Peso de agua (g.)	4.13	3.98	3.60	4.09
Peso de Recipiente (g.)	14.76	14.76	14.64	14.83
Peso de S. Seco (g.)	17.96	16.81	14.70	16.09
% de Humedad	22.99	23.68	24.51	25.43

LIMITE PLASTICO		
ENSAYO N°	1	2
Peso del Recipiente + Suelo Hum. (g.)	43.93	45.79
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g.)	42.62	44.45
Peso de agua (g.)	1.31	1.34
Peso de Recipiente (g.)	34.25	35.91
Peso de S. Seco (g.)	8.37	8.54
% de Humedad	15.65	15.69

RESULTADOS	CASAGRANDE
Límite Líquido:	24.20
Límite Plástico:	15.67
Índice de Plasticidad:	8.53



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO
Tesis : "INCORPORACION DE LA CENIZA DE CARBON VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS. HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : Huancayo - Junin
Fecha de recepción : viernes, 17 de Febrero de 2023
Fecha de emisión : sábado, 18 de Febrero de 2023

Código: ASTM D2419 - 2009
Título: Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate

METODO DE DETERMINACION DEL EQUIVALENTE DE ARENA
ASTM D - 2419 ; NTP 339.146

CALICATA	SUELO NATURAL + 25%CCV+20%CH		
	Muestra N°	1	2	3
Hora de entrada a Saturación	14:00:00	14:40:00	15:30:00
Hora de salida de Saturación	14:10:00	14:50:00	15:40:00
Hora de entrada a Sedimentación	14:15:10	14:55:15	15:45:25
Hora de salida de Sedimentación	14:35:10	15:15:15	16:05:25
Lectura superior de Finos	8.10	8.20	8.25
Lectura superior de Arena	2.75	2.78	2.75
Equivalente de Arena	33.95	33.90	33.33
Equivalente de Arena Promedio	34		

Observaciones: Muestra provista e identificada por el peticionario

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICATION (ELE INTERNATIONAL)

Proveta de vidrio de 500 ml Marca Intek

Balanza utilizada OHAUS V11P30T, N° Serie 3090105

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO
Tesis "INCORPORACION DE LA CENIZA DE CARBON VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS. HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : Huancayo - Junin
Fecha de recepción martes, 14 de Febrero de 2023
Fecha de emisión miércoles, 15 de Febrero de 2023

Código: ASTM D2419 - 2009
Título: Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate

METODO DE DETERMINACION DEL EQUIVALENTE DE ARENA
ASTM D - 2419 ; NTP 339.146

CALICATA	C-1 SUELO NATURAL+ 20%CCV+15%CH		
	Muestra N°	1	2	3
Hora de entrada a Saturación	15:00:00	15:40:00	16:30:00
Hora de salida de Saturación	15:10:00	15:50:00	16:40:00
Hora de entrada a Sedimentación	15:13:10	15:53:15	16:44:25
Hora de salida de Sedimentación	15:33:10	16:13:15	17:04:25
Lectura superior de Finos	8.43	8.25	8.21
Lectura superior de Arena	2.72	2.75	2.74
Equivalente de Arena	32.27	33.33	33.37
Equivalente de Arena Promedio	33.0		

Observaciones: Muestra provista e identificada por el peticionario

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)
Proveta de vidrio de 500 ml Marca Intek
Balanza utilizada OHAUS V11P30T, N° Serie 3090106



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIÓ
Tesis : "INCORPORACION DE LA CENIZA DE CARBON VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : Huancayo - Junin
Fecha de recepción : jueves, 9 de Febrero de 2023
Fecha de emisión : viernes, 10 de Febrero de 2023

Código: ASTM D2419 - 2009
Título: Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate

METODO DE DETERMINACION DEL EQUIVALENTE DE ARENA
ASTM D - 2419 ; NTP 339.146

CALICATA	C-1 SUELO NATURAL + 15%CCV+10%CH		
Muestra N°	1	2	3
Hora de entrada a Saturación	16:00:00	16:40:00	17:30:00
Hora de salida de Saturación	16:10:00	16:50:00	17:40:00
Hora de entrada a Sedimentación	16:15:10	16:55:15	17:46:25
Hora de salida de Sedimentación	16:35:10	17:15:15	18:06:25
Lectura superior de Finos	8.67	8.35	8.40
Lectura superior de Arena	2.53	2.63	2.65
Equivalente de Arena	29.18	31.50	31.55
Equivalente de Arena Promedio	31		

Observaciones: : Muestra provista e identificada por el peticionario.

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)
Probeta de vidrio de 500 ml Marca Intek
Balanza utilizada OHAUS V11P30T, N° Serie 3090105



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO
Tesis : "INCORPORACION DE LA CENIZA DE CARBON VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS. HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : Huancayo - Junin
Fecha de recepción : martes, 7 de Febrero de 2023
Fecha de emisión : miércoles, 8 de Febrero de 2023

Código: ASTM D2419 - 2009
Título: Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate

METODO DE DETERMINACION DEL EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D - 2419 ; NTP 339.146			
CALICATA	C-1 SUELO NATURAL		
Muestra N°	1	2	3
Hora de entrada a Saturación	15:00:00	15:40:00	16:30:00
Hora de salida de Saturación	15:10:00	15:50:00	16:40:00
Hora de entrada a Sedimentación	15:10:10	15:50:15	16:40:25
Hora de salida de Sedimentación	15:30:10	16:10:15	17:00:25
Lectura superior de Finos	8.70	8.95	8.80
Lectura superior de Arena	2.20	2.25	2.15
Equivalente de Arena	25.29	25.14	24.43
Equivalente de Arena Promedio	25.0		

Observaciones: : Muestra provista e identificada por el peticionario

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)

Proveta de vidrio de 500 ml Marca Intek

Balanza utilizada OHAUS V11P30T, N° Serie 3090105

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Kathern Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D1557 ; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

CALICATA : C-1 SUELO NATURAL+25CCV+20CH

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNIN

F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	947.870986	PESO DEL MOLDE (gr.) :				1762	METODO	"A"
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4			
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE		3732	3785	3799	3655			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1970	2023	2037	1893			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		2.078	2.134	2.149	1.997			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4			
PESO SUELO HUMEDO + TARA		430.81	481.67	489.18	530.01			
PESO SUELOS SECO + TARA		391.91	431.15	432.33	447.68			
PESO DE LA TARA		32.11	33.93	36.04	34.34			
PESO DE AGUA		38.90	50.52	56.85	82.33			
PESO DE SUELO SECO		359.80	397.22	396.29	413.34			
CONTENIDO DE AGUA		10.81	12.72	14.35	19.92			
PESO VOLUMETRICO SECO		1.876	1.893	1.879	1.665			

DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.892 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	12.70 %

SUELO MUESTRA NATURAL+25CCV+20CH



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

CATERA : C-1 SUELO NATURAL+25CCV+20CH

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNIN

F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

CUADRO DE DATOS CBR

	22		23		24	
Molde N°	22		23		24	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + Suelo húmedo	9366	9451	9100	9181	8854	8943
Peso de molde (gr)	5002	5003	5010	5011	5014	5015
Peso del suelo húmedo (gr)	4364	4448	4090	4170	3840	3928
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048
Densidad húmeda (gr/cc)	2.131	2.172	1.997	2.036	1.875	1.918
% de humedad	12.74	15.16	12.66	15.43	12.73	15.55
Densidad seca (gr/cc)	1.890	1.886	1.773	1.764	1.663	1.660
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	735.22	715.69	715.45	720.02	736.58	720.34
Tarro + Suelo seco (gr.)	658.92	630.08	641.85	632.54	660.87	632.04
Peso del Agua (gr.)	76.30	85.61	73.60	87.48	75.71	88.30
Peso del tarro (gr.)	60.15	65.22	60.35	65.55	66.35	64.30
Peso del suelo seco (gr.)	598.77	564.86	581.50	566.99	594.52	567.74
% de humedad	12.74	15.16	12.66	15.43	12.73	15.55
Promedio de Humedad (%)	12.74	15.16	12.66	15.43	12.73	15.55

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%		
	10:00	0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
	10:00	24	0.01	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0

PENETRACIÓN

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		32	2			21	1			17	1		
0.050		96	5			58	3			54	3		
0.075		142	7			94	5			87	4		
0.100	70.3	204	10	9.7	13.9	165	8	7.3	10.4	101	5	5.5	7.8
0.150		299	15			220	11			171	8		
0.200	105.5	371	18	18.60	17.6	295	15	14.6	13.9	238	12	11.3	10.7
0.250		448	22			370	18			275	14		
0.300		533	26			410	20			348	17		
0.400		682	34			530	26			458	23		
0.500		827	41			630	31			564	28		

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC B - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

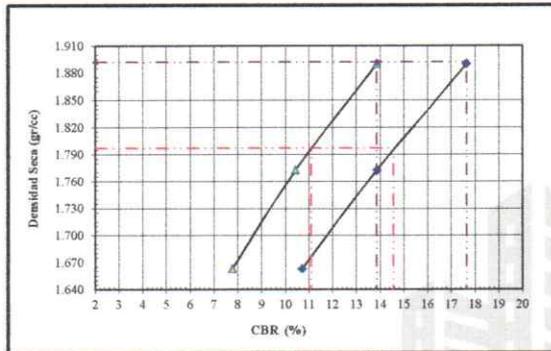
CATERA : C-1 SUELO NATURAL+25CCV+20CH

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN

F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

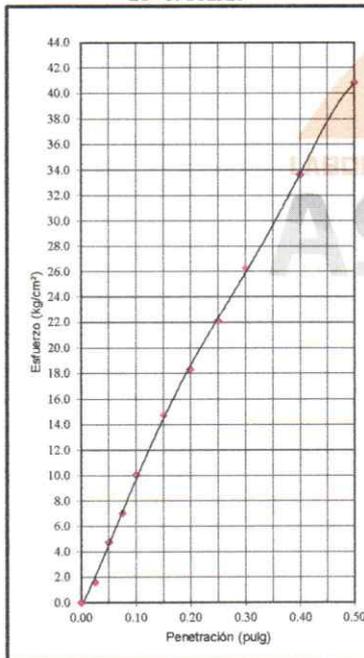
GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



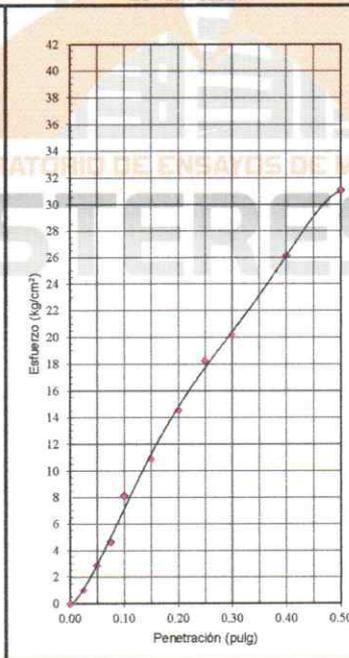
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	13.9	0.2":	17.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	11.1	0.2":	14.6

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.892 gr/cc
Optimo Humedad	12.70 %

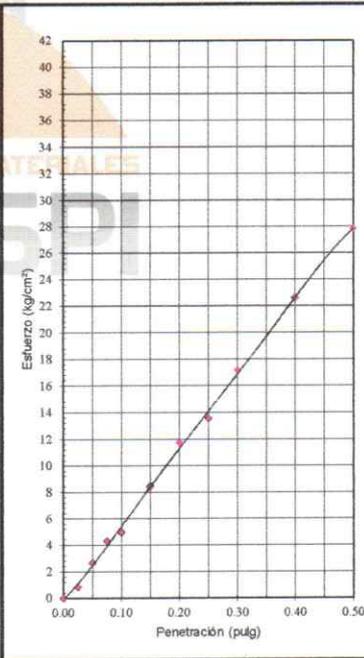
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES





- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D1557 ; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

CALICATA : C-1 SUELO NATURAL+20%CCV+15%CH

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNIN

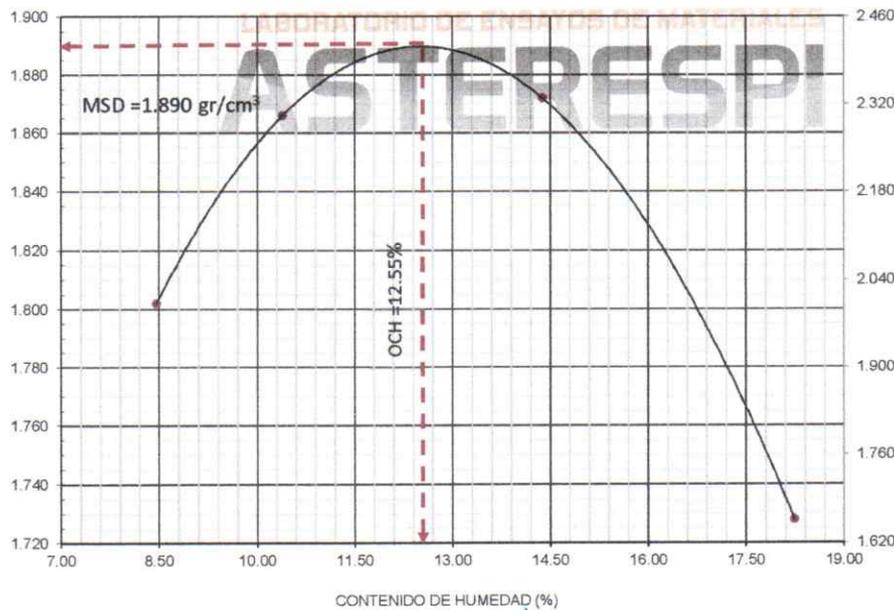
F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	947.870986				PESO DEL MOLDE (gr.) :	1762				METODO	"A "					
NUMERO DE ENSAYOS	1				2				3				4			
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE	3614				3714				3792				3699			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1852				1952				2030				1937			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.954				2.059				2.142				2.044			
CONTENIDO DE HUMEDAD																
RECIPIENTE Nro.	1				2				3				4			
PESO SUELO HUMEDO + TARA	246.00				351.53				457.02				491.96			
PESO SUELOS SECO + TARA	229.49				321.48				403.80				421.63			
PESO DE LA TARA	34.23				32.21				33.74				35.92			
PESO DE AGUA	16.51				30.05				53.22				70.33			
PESO DE SUELO SECO	195.26				289.27				370.06				385.71			
CONTENIDO DE AGUA	8.46				10.39				14.38				18.23			
PESO VOLUMETRICO SECO	1.802				1.866				1.872				1.728			

DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.890 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	12.55 %

SUELO MUESTRA NATURAL+20%CCV+15%CH





- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

CATERA : C-1 SUELO NATURAL+20%CCV+15%CH

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN

F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

CUADRO DE DATOS CBR

	22		23		24	
Molde N°	22		23		24	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Cond. de la muestra						
Peso molde + Suelo húmedo	9354	9432	9097	9154	8843	8924
Peso de molde (gr)	5002	5003	5010	5011	5014	5015
Peso del suelo húmedo (gr)	4352	4429	4087	4143	3829	3909
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048
Densidad húmeda (gr/cc)	2.125	2.163	1.996	2.023	1.870	1.909
% de humedad	12.56	14.77	12.69	14.82	12.52	15.12
Densidad seca (gr/cc)	1.888	1.884	1.771	1.762	1.661	1.658
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	718.20	720.15	716.85	720.14	726.30	718.45
Tarro + Suelo seco (gr.)	645.32	635.24	644.02	636.58	588.37	465.21
Peso del Agua (gr.)	72.88	84.91	72.83	83.56	65.45	60.30
Peso del tarro (gr.)	65.20	60.35	70.20	72.65	65.80	66.35
Peso del suelo seco (gr.)	580.12	574.89	573.82	563.93	522.57	398.86
% de humedad	12.56	14.77	12.69	14.82	12.52	15.12
Promedio de Humedad (%)	12.56	14.77	12.69	14.82	12.52	15.12

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
	10:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
	10:00	24	0.01	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0

PENETRACIÓN

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		58	3			28	1			19	1		
0.050		115	6			67	3			53	3		
0.075		169	8			102	5			71	4		
0.100	70.3	200	10	9.4	13.4	155	8	7.1	10.1	114	6	5.0	7.2
0.150		257	13			210	10			153	8		
0.200	105.5	317	16	16.28	15.4	261	13	13.3	12.6	206	10	10.5	9.9
0.250		390	19			328	16			265	13		
0.300		455	22			367	18			322	16		
0.400		566	28			465	23			405	20		
0.500		662	33			563	28			460	23		



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIÓ

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIÓ

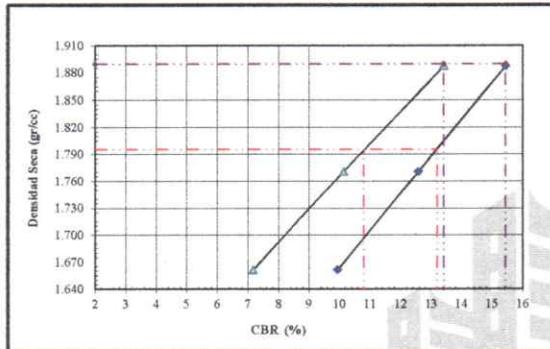
CATERA : C-1 SUELO NATURAL+20%CCV+15%CH

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN

F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



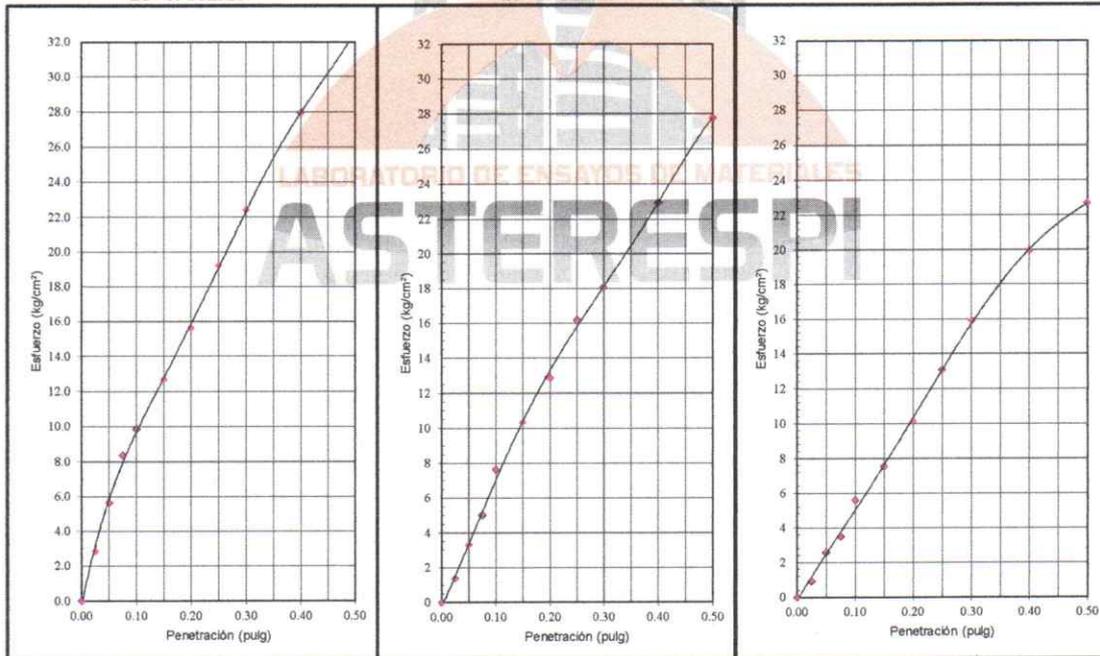
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	13.4	0.2":	15.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	10.8	0.2":	13.2

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.890 gr/cc
Óptimo Humedad	12.55 %

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES





ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D1557 ; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : -BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : -BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

CALICATA : C-1 SUELO NATURAL+15CCV+10 CH

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNIN

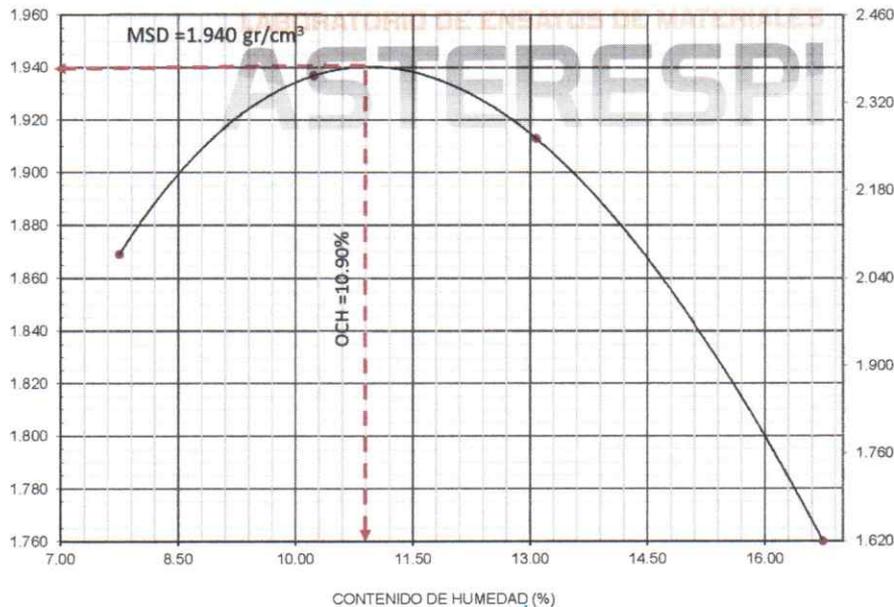
F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	947.870986	PESO DEL MOLDE (gr.) :				1762	METODO	"A"
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4			
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE		3671	3786	3812	3710			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1909	2024	2050	1948			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		2.014	2.135	2.163	2.055			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4			
PESO SUELO HUMEDO + TARA		405.25	357.02	399.79	396.98			
PESO SUELOS SECO + TARA		378.70	327.01	357.62	344.96			
PESO DE LA TARA		35.77	33.75	35.14	34.24			
PESO DE AGUA		26.55	30.01	42.17	52.02			
PESO DE SUELO SECO		342.93	293.26	322.48	310.72			
CONTENIDO DE AGUA		7.74	10.23	13.08	16.74			
PESO VOLUMETRICO SECO		1.869	1.937	1.913	1.760			

DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.940 gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA:	10.90 %

SUELO MUESTRA NATURAL+15CCV+10 CH



J. g. Katherin Zspiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIÓ

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIÓ

CATERA : C-1 SUELO NATURAL+15CCV+10 CH

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNIN

F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

CUADRO DE DATOS CBR

	22		23		24	
Molde N°	22		23		24	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Cond. de la muestra						
Peso molde + Suelo húmedo	9406	9480	9140	9222	8886	8958
Peso de molde (gr)	5002	5003	5010	5011	5014	5015
Peso del suelo húmedo (gr)	4404	4477	4130	4211	3872	3943
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048
Densidad húmeda (gr/cc)	2.151	2.186	2.017	2.056	1.891	1.925
% de humedad	10.97	13.02	10.93	13.68	10.86	13.11
Densidad seca (gr/cc)	1.938	1.934	1.818	1.809	1.705	1.702
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	715.02	730.68	725.45	720.12	722.36	708.69
Tarro + Suelo seco (gr.)	650.30	652.30	660.89	642.15	658.47	635.21
Peso del Agua (gr.)	64.72	78.38	64.56	77.97	63.89	73.48
Peso del tarro (gr.)	60.25	50.35	70.25	72.35	70.12	74.63
Peso del suelo seco (gr.)	590.05	601.95	590.64	569.80	588.35	560.58
% de humedad	10.97	13.02	10.93	13.68	10.86	13.11
Promedio de Humedad (%)	10.97	13.02	10.93	13.68	10.86	13.11

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
	10:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
	10:00	24	0.01	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0

PENETRACIÓN

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		25	1			7	0			7	0		
0.050		92	5			46	2			38	2		
0.075		136	7			99	5			61	3		
0.100	70.3	179	9	8.8	12.5	138	7	6.5	9.2	87	4	4.6	6.6
0.150		258	13			201	10			150	7		
0.200	105.5	324	16	16.12	15.3	253	12	12.9	12.2	211	10	10.3	9.7
0.250		384	19			313	15			269	13		
0.300		436	22			362	18			308	15		
0.400		527	26			445	22			389	19		
0.500		610	30			517	26			455	22		



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIÓ

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARIÓ

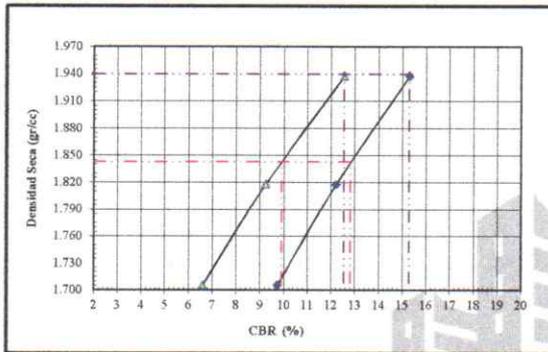
CATERA : C-1 SUELO NATURAL+15CCV+10 CH

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNIN

F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



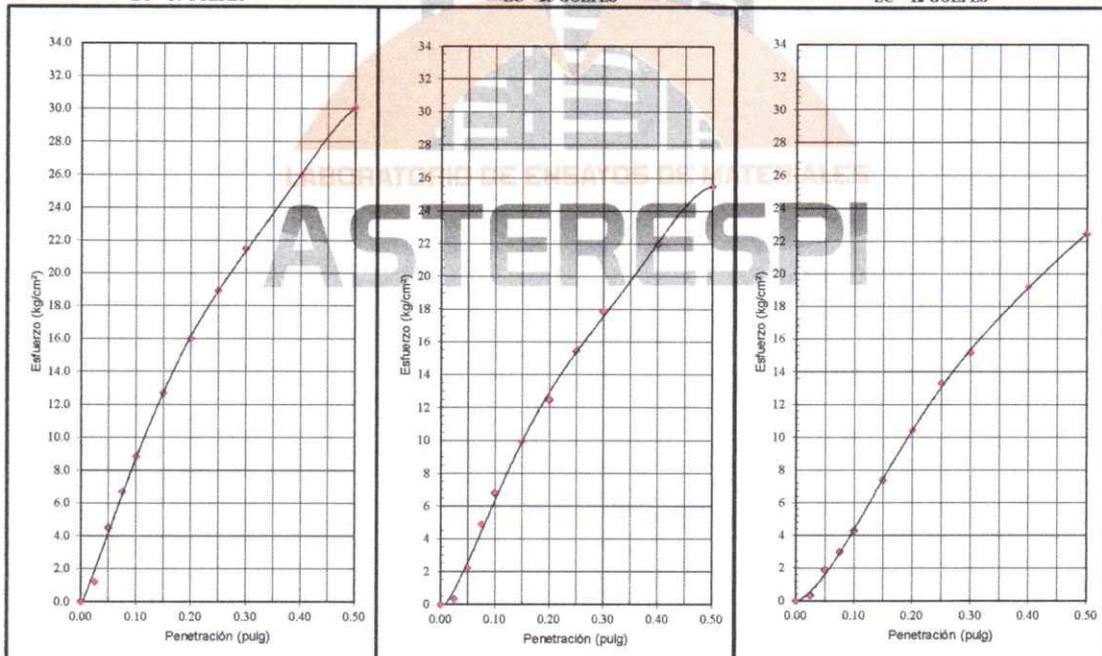
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	12.5	0.2":	15.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	9.9	0.2":	12.8

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.940 gr/cc
Óptimo Humedad	10.90 %

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D1557; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

CALICATA : C-1 SUELO NATURAL

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNIN

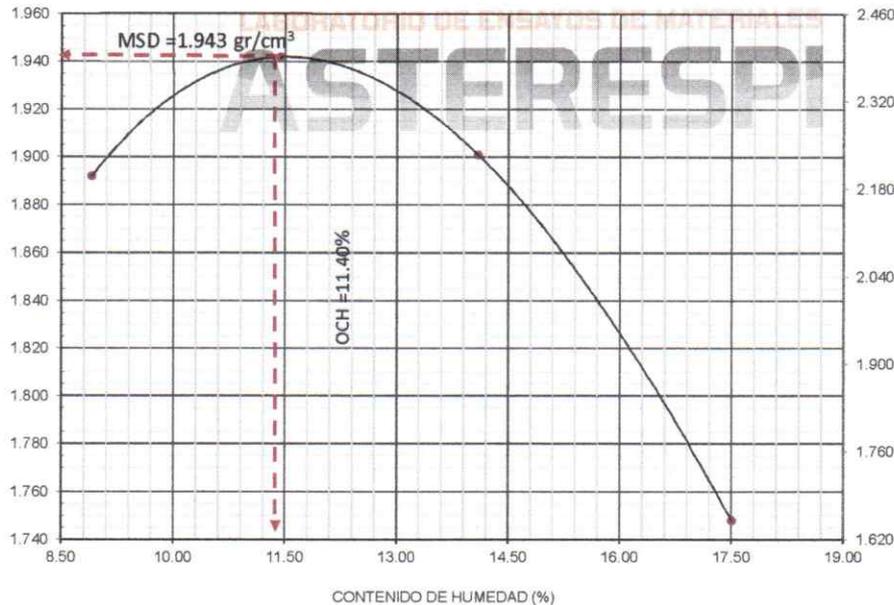
F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	PESO DEL MOLDE (gr.) :				METODO	"A"
947.9	1	2	3	4		
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE	3714	3812	3817	3708		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1953	2051	2056	1947		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.060	2.164	2.169	2.054		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	404.57	377.95	458.08	381.09		
PESO SUELOS SECO + TARA	374.30	342.82	405.67	329.44		
PESO DE LA TARA	34.26	35.66	33.77	34.34		
PESO DE AGUA	30.27	35.13	52.41	51.65		
PESO DE SUELO SECO	340.04	307.16	371.90	295.10		
CONTENIDO DE AGUA	8.90	11.44	14.09	17.50		
PESO VOLUMETRICO SECO	1.892	1.942	1.901	1.748		

DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.943 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	11.40 %

SUELO MUESTRA NATURAL



J. g. Katherin/Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

CATERA : C-1 SUELO NATURAL

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN

F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

CUADRO DE DATOS CBR						
Molde N°	22		23		24	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + Suelo húmedo	9433	9488	9164	9217	8914	8970
Peso de molde (gr)	5002	5003	5010	5011	5014	5015
Peso del suelo húmedo (gr)	4431	4485	4154	4206	3900	3955
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048
Densidad húmeda (gr/cc)	2.164	2.190	2.028	2.054	1.904	1.931
% de humedad	11.47	13.05	11.40	13.38	11.50	13.30
Densidad seca (gr/cc)	1.941	1.937	1.821	1.812	1.708	1.705
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	720.35	725.54	700.15	715.36	735.26	715.02
Tarro + Suelo seco (gr.)	652.12	648.29	636.25	639.24	667.23	640.01
Peso del Agua (gr.)	68.23	77.25	63.90	76.12	68.03	75.01
Peso del tarro (gr.)	57.50	56.55	75.60	70.25	75.45	75.90
Peso del suelo seco (gr.)	594.62	591.74	560.65	568.99	591.78	564.11
% de humedad	11.47	13.05	11.40	13.38	11.50	13.30
Promedio de Humedad (%)	11.47	13.05	11.40	13.38	11.50	13.30

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
	10:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
	10:00	24	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0

PENETRACIÓN													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		10	0			7	0			5	0		
0.050		25	1			19	1			15	1		
0.075		44	2			32	2			24	1		
0.100	70.3	61	3	3.0	4.2	45	2	2.2	3.2	33	2	1.7	2.4
0.150		90	4			70	3			54	3		
0.200	105.5	118	6	5.80	5.5	90	4	4.4	4.2	70	3	3.5	3.3
0.250		141	7			107	5			85	4		
0.300		167	8			128	6			107	5		
0.400		202	10			159	8			132	7		
0.500		241	12			183	9			152	7		



- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC B - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

TESIS : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"

ATENCIÓN : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO

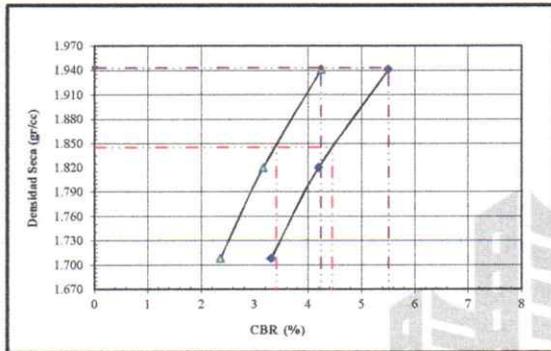
CATERA : C-1 SUELO NATURAL

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN

F. RECEPCIÓN : lunes, 20 de Febrero de 2023

F. EMISIÓN : viernes, 24 de Febrero de 2023

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



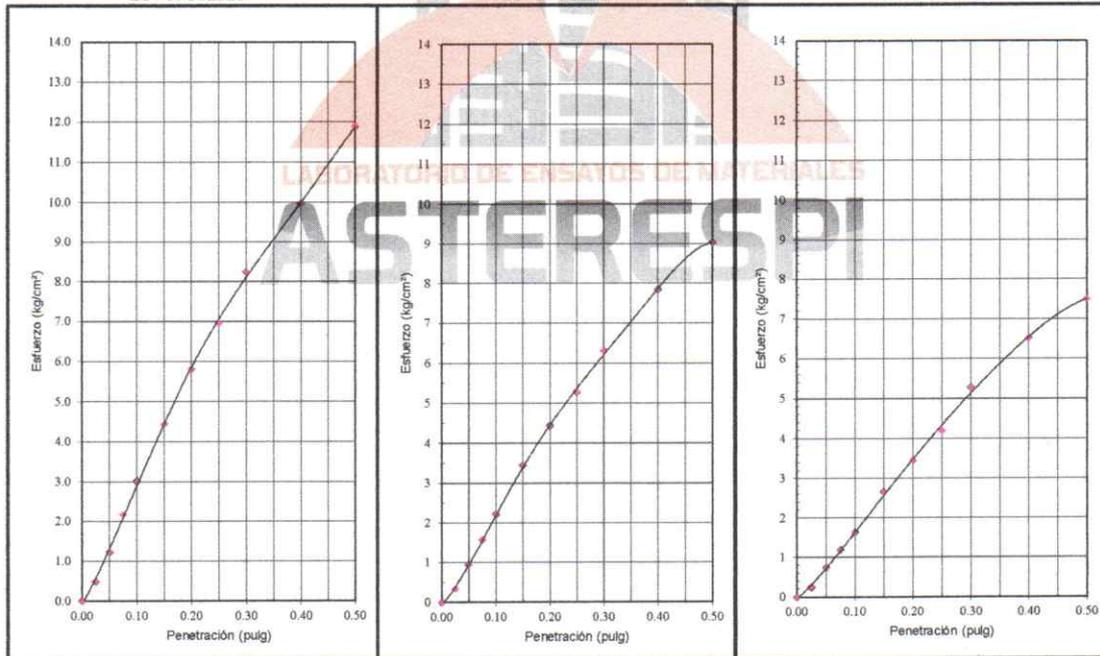
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	4.2	0.2":	5.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	3.4	0.2":	4.5

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.943 gr/cc
Óptimo Humedad	11.40 %

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES





- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO
Tesis : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : HUANCAYO -JUNIN
Fecha de recepción : miércoles, 1 de Febrero de 2023
Fecha de emisión : lunes, 6 de Febrero de 2023

ENSAYO DE DENSIDAD MINIMA
NTP 339.138 / ASTM D 4254

MUESTRA : CÁSCARA DE HUEVO

PUNTO	N°	UBICACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm3)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
1		CÁSCARA DE HUEVO	0.00	1.087	1.087

ENSAYO DE DENSIDAD MAXIMA
NTP 339.137 / ASTM D 4253

MUESTRA : CÁSCARA DE HUEVO

PUNTO	N°	UBICACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm3)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
1		CÁSCARA DE HUEVO	0.00	1.286	1.286

OBSERVACION :

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

 **ASTERESPI S.A.C.**
J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. QUISPE MATAMOROS DANTE DARÍO
Tesis : "INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN VEGETAL Y LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Ubicación : HUANCAYO -JUNIN
Fecha de recepción : miércoles, 1 de Febrero de 2023
Fecha de emisión : lunes, 6 de Febrero de 2023

ENSAYO DE DENSIDAD MINIMA
NTP 339.138 / ASTM D 4254

MUESTRA : CENIZA DE CARBÓN VEGETAL

PUNTO	N°	UBICACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm3)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
1		CENIZA DE CARBÓN VEGETAL	0.00	0.449	0.449

ENSAYO DE DENSIDAD MAXIMA
NTP 339.137 / ASTM D 4253

MUESTRA : CENIZA DE CARBÓN VEGETAL

PUNTO	N°	UBICACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm3)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
1		CENIZA DE CARBÓN VEGETAL	0.00	0.570	0.570

OBSERVACION :

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

 **ASTERESPI S.A.C.**

J. g. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com

Anexo N°06: Certificados de calibración de los equipos

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**TC - 12159 - 2022**

PROFORMA : 6352F

Fecha de emisión : 2022 - 12 - 13

Página : 1 de 5

SOLICITANTE: MASTERESPI S.A.C.

Dirección : Jr. Paraca s Nro. S/N (S69068270-Barrio Patarcocha Pilcomayo) Pilcomayo Junín-Huancayo-Huancayo

EQUIPO : HORNO
Marca : A&A INSTRUMENTS
Modelo : STHX-1A
N° de Serie : 17824
Tipo de Ventilación : Natural
Procedencia : No Indica
Identificación : NO INDICA
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO DIGITAL
Marca : AUTCOMP
Alcance : 50 °C a 300 °C
Resolución : 0,1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
Marca : AUTCOMP
Alcance : 50 °C a 300 °C
Resolución : 0,1 °C
Fecha de Calibración : 2022 - 12 - 13

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MASTERESPI S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	19,6 °C	18,7 °C
Humedad Relativa	46,3 %	50,5 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Dos Termómetros Digitales Incertidumbre 0,028 °C SAT S.A.C.	Termómetro Digital -200 °C a 1 372 °C	LT - 363 - 2022 LT - 364 - 2022 LT - 365 - 2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

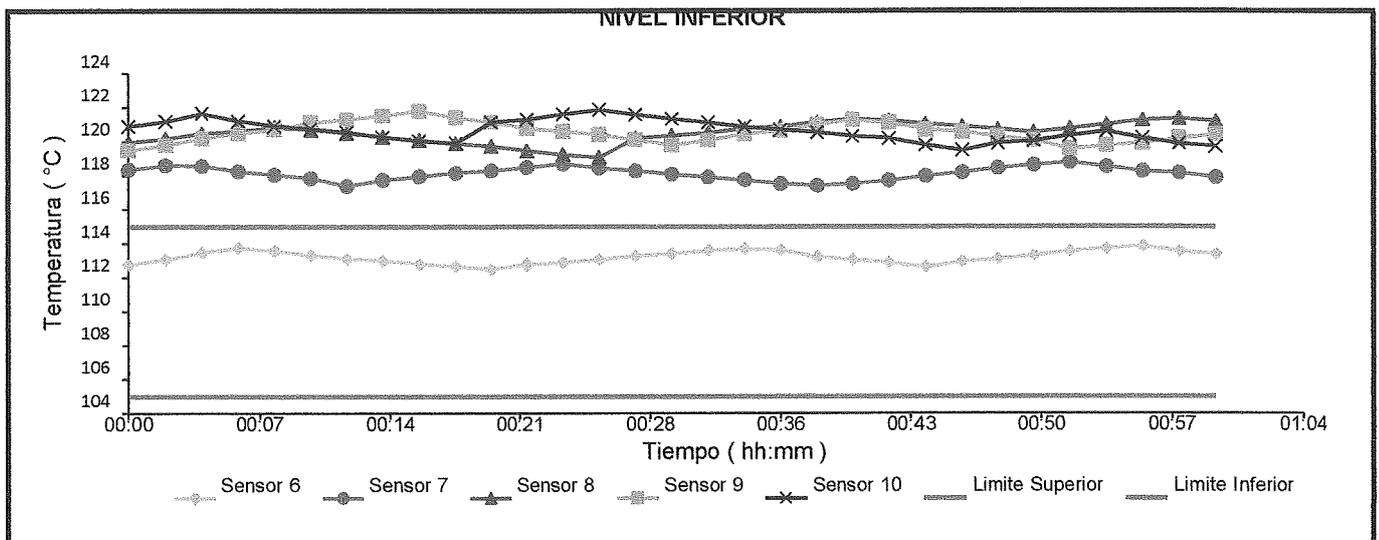
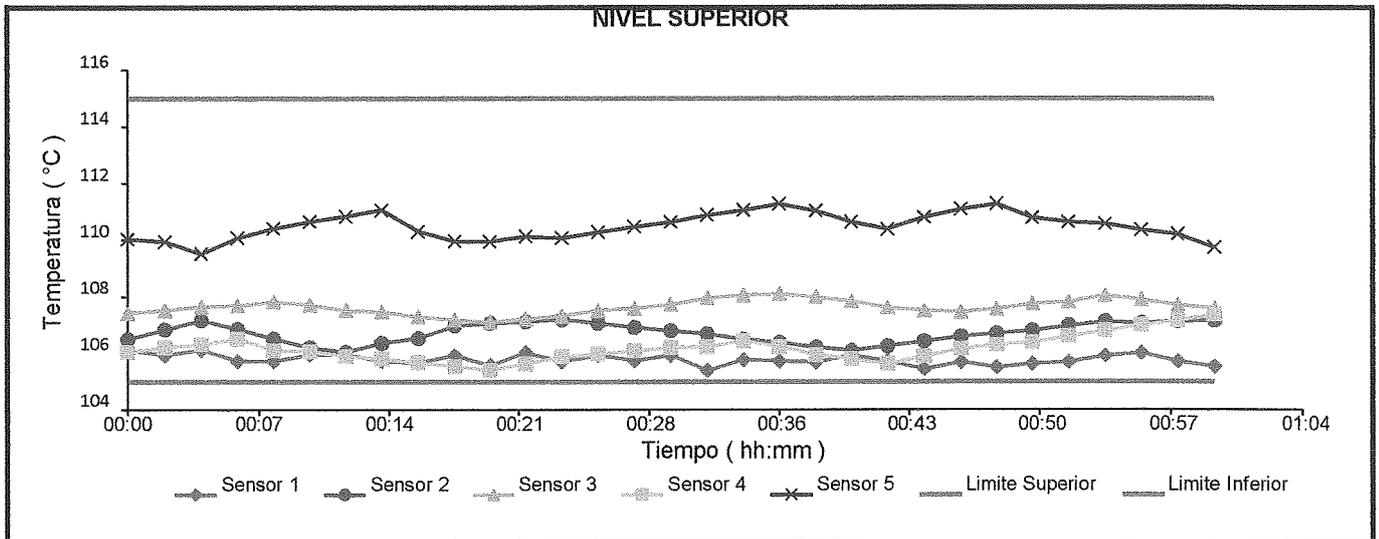
Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador	Tiempo de Calentamiento	Tiempo de Estabilización	Porcentaje de carga	Tipo de Carga / Muestra
110 °C ± 5 °C	110	60 min	120 min	50 %	ENVASES DE METALES

Tiempo (hh:mm)	Termómetro Horno (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T _{prom} TM (°C)	T _{max} - T _{min} (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	110,0	106,1	106,5	107,4	106,1	110,0	112,8	118,4	120,0	119,5	120,9	112,8	14,9
00:02	110,0	105,9	106,8	107,5	106,2	110,0	113,1	118,6	120,2	119,8	121,2	112,9	15,3
00:04	110,0	106,1	107,2	107,6	106,3	109,5	113,5	118,6	120,5	120,2	121,7	113,1	15,6
00:06	110,0	105,7	106,9	107,7	106,5	110,1	113,8	118,3	120,6	120,5	121,2	113,1	15,5
00:08	110,0	105,7	106,5	107,8	106,1	110,4	113,6	118,1	120,8	120,7	120,9	113,1	15,2
00:10	110,0	106,0	106,2	107,7	106,1	110,7	113,3	117,9	120,7	121,1	120,8	113,0	15,2
00:12	110,0	106,0	106,1	107,5	105,9	110,9	113,1	117,4	120,5	121,3	120,6	112,9	15,4
00:14	110,0	105,7	106,4	107,5	105,8	111,1	113,0	117,8	120,3	121,5	120,3	112,9	15,8
00:16	110,0	105,7	106,5	107,3	105,7	110,3	112,8	118,0	120,1	121,8	120,1	112,8	16,1
00:18	110,0	105,9	107,0	107,2	105,5	110,0	112,7	118,2	119,9	121,4	119,9	112,8	15,9
00:20	110,0	105,6	107,1	107,1	105,4	110,0	112,5	118,3	119,8	121,2	121,2	112,8	15,7
00:22	110,0	106,0	107,1	107,2	105,6	110,1	112,8	118,5	119,5	120,8	121,3	112,9	15,7
00:24	110,0	105,7	107,2	107,3	105,9	110,1	112,9	118,7	119,2	120,6	121,6	112,9	15,9
00:26	110,0	105,9	107,1	107,5	106,0	110,3	113,1	118,5	119,1	120,4	121,9	113,0	16,0
00:28	110,0	105,7	106,9	107,6	106,1	110,5	113,3	118,3	120,2	120,1	121,6	113,0	15,8
00:30	110,0	105,9	106,8	107,7	106,2	110,6	113,4	118,1	120,4	119,8	121,3	113,0	15,4
00:32	110,0	105,4	106,7	108,0	106,2	110,9	113,6	117,9	120,5	120,1	121,1	113,0	15,7
00:34	110,0	105,8	106,5	108,1	106,4	111,1	113,7	117,8	120,8	120,5	120,9	113,1	15,1
00:36	110,0	105,7	106,4	108,1	106,2	111,3	113,6	117,5	120,9	120,7	120,7	113,1	15,2
00:38	110,0	105,7	106,2	108,0	106,0	111,0	113,2	117,4	121,2	121,0	120,6	113,0	15,5
00:40	110,0	105,9	106,1	107,8	105,8	110,7	113,1	117,5	121,3	121,3	120,3	113,0	15,5
00:42	110,0	105,7	106,3	107,6	105,6	110,4	112,9	117,7	121,3	121,1	120,2	112,9	15,6
00:44	110,0	105,5	106,4	107,5	105,9	110,8	112,6	118,0	121,1	120,7	119,8	112,8	15,6
00:46	110,0	105,7	106,6	107,5	106,2	111,1	112,9	118,2	120,9	120,6	119,5	112,9	15,2
00:48	110,0	105,5	106,7	107,6	106,3	111,3	113,1	118,5	120,7	120,3	119,9	113,0	15,2
00:50	110,0	105,6	106,8	107,8	106,4	110,8	113,3	118,6	120,6	120,1	120,1	113,0	14,9
00:52	110,0	105,7	107,0	107,8	106,6	110,6	113,6	118,8	120,8	119,6	120,4	113,1	15,1
00:54	110,0	105,9	107,1	108,1	106,8	110,6	113,7	118,5	121,0	119,8	120,6	113,2	15,1
00:56	110,0	106,0	107,1	107,9	107,0	110,4	113,9	118,3	121,3	119,9	120,2	113,2	15,3
00:58	110,0	105,7	107,1	107,7	107,2	110,2	113,6	118,2	121,4	120,2	119,9	113,1	15,7
01:00	110,0	105,5	107,2	107,6	107,4	109,8	113,4	117,9	121,2	120,4	119,7	113,0	15,7
T. PROM ^[1]	110,0	105,8	106,7	107,6	106,2	110,5	113,2	118,1	120,5	120,6	120,7		
T. MAX ^[3]	110,0	106,1	107,2	108,1	107,4	111,3	113,9	118,8	121,4	121,8	121,9		
T. MIN ^[4]	110,0	105,4	106,1	107,1	105,4	109,5	112,5	117,4	119,1	119,5	119,5		
DTT ^[5]	0,0	0,7	1,1	1,0	2,0	1,8	1,4	1,4	2,3	2,3	2,4		

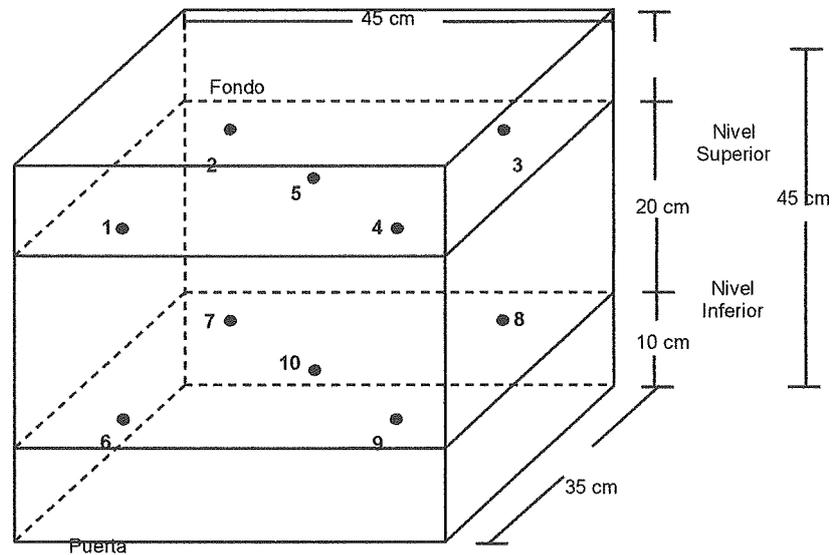
RESULTADOS DE MEDICIÓN

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	121,9	0,9
Mínima Temperatura Medida	105,4	0,4
Desviación Temperatura en el Tiempo	2,4	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	14,9	0,3
Estabilidad Medida (±)	1,19	0,04
Uniformidad Medida	16,1	0,8

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES



DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 15 cm por encima de la parrilla superior.

Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 6 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

[1] T. PROM: Promedio de las temperaturas en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

[2] T prom: Promedio de las temperaturas en las doce posiciones de medición para un instante dado.

[3] Tmax: Temperatura máxima.

[4] Tmin: Temperatura mínima.

[5] DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "**desviación de temperatura en el espacio**" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio de Medio Isotermo: 0,1 °C

La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 12153 - 2022

PROFORMA : 6352F Fecha de emisión : 2022-12-14

SOLICITANTE : MASTERESPI S.A.C.

Dirección : JR. PARACAS NRO. S/N (S69068270-BARRIO PATARCOCHA PILCOMAYO) PILCOMAYO JUNÍN-HUANCAYO-HUANCAYO

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA

Marca : OHAUS

Modelo : SJX6201/E

N° de Serie : B943469420

Capacidad Máxima : 6200 g

Resolución : 0,1 g

División de Verificación : 0,1 g

Clase de Exactitud : I

Capacidad Mínima : 10 g

Procedencia : CHINA

N° de Parte : No Indica No

Identificación : Indica

Ubicación : LABORATORIO

Variación de ΔT Local : 4 °C

Fecha de Calibración : 2022-12-14

LUGAR DE CALIBRACION

Instalaciones de MASTERESPI S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST&CONTROLS.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST&CONTROLS.A.C.brindalos servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o

internacionales, de acuerdo con el

(SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud E2	LM-C-143- Mar2022
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 1 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-133- Mar2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL

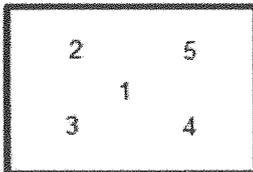
Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,2 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	53 %	51 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	3 000,00	3 000,0	0,05	0,00	1	6 200,00	6 200,0	0,05	0,00
2		3 000,0	0,05	0,00	2		6 200,0	0,05	0,00
3		3 000,0	0,05	0,00	3		6 200,0	0,06	-0,01
4		3 000,0	0,05	0,00	4		6 200,0	0,06	-0,01
5		3 000,0	0,05	0,00	5		6 200,0	0,06	-0,01
6		3 000,0	0,06	-0,01	6		6 200,1	0,08	0,07
7		3 000,0	0,06	-0,01	7		6 200,1	0,08	0,07
8		3 000,0	0,06	-0,01	8		6 200,1	0,08	0,07
9		3 000,0	0,05	0,00	9		6 200,0	0,06	-0,01
10		3 000,0	0,05	0,00	10		6 200,0	0,06	-0,01
| Emáx - Emín | (g)				0,01	| Emáx - Emín | (g)				0,08
error máximo permitido (±g)				0,10	error máximo permitido (±g)				0,20

Certificado de Calibración
TC - 12153 - 2022



Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	51 %	51 %

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec					e.m.p. (±g)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	1,00	1,0	0,06	-0,01	2 000,00	2 000,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
2		1,0	0,07	-0,02		2 000,0	0,06	-0,01	0,01	
3		1,0	0,06	-0,01		2 000,1	0,08	0,07	0,08	
4		1,0	0,06	-0,01		2 000,1	0,09	0,06	0,07	
5		1,0	0,08	-0,03		2 000,1	0,08	0,07	0,10	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,2 °C
Humedad Relativa	51 %	53 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1,00	1,0	0,06	-0,01						
10,00	10,0	0,07	-0,02	-0,01	10,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
50,00	50,0	0,06	-0,01	0,00	50,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
100,00	100,0	0,06	-0,01	0,00	100,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
500,00	500,0	0,06	-0,01	0,00	500,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
1 000,00	1 000,0	0,06	-0,01	0,00	1 000,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
2 000,00	2 000,0	0,06	-0,01	0,00	2 000,0	0,05	0,00	0,01	0,10
3 000,01	3 000,0	0,05	-0,01	0,00	3 000,0	0,05	-0,01	0,00	0,10
4 000,00	4 000,0	0,06	-0,01	0,00	4 000,1	0,07	0,08	0,09	0,10
5 000,02	5 000,1	0,08	0,05	0,06	5 000,1	0,08	0,05	0,06	0,10
6 200,02	6 200,0	0,06	-0,03	-0,02	6 200,1	0,08	0,05	0,06	0,20

Donde:

I : Indicación de la balanza

ΔL : Carga adicional

Eo : Error en cero

R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)

E : Error del instrumento

Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	:	$R_{\text{corregida}} = R - 6,51 \times 10^{-7} \times R$
Incertidumbre Expandida	:	$U_R = 2 \times \sqrt{3,75 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 3,45 \times 10^{-10} \times R^2}$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.
La indicación de la balanza fue de 6 200,0 g para una carga de valor nominal 6200 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Página : 3 de 3



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC-14723-2022

PROFORMA : 6652A

Fecha de emisión : 2022-12-09

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MASTERESPI S.A.C.

Dirección : Jr. Paracas Nro. S/N (S69068270-Barrio Patarcocha Pilcomayo) Pilcomayo-Huancayo-Junín

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA CBR
 Marca : FORNEY
 Modelo : 7691
 Serie : 2948
 Alcance : 5000 kgf
 División de Escala : 0,1 kgf
 Procedencia : U.S.A
 Identificación : No indica
 Ubicación : Laboratorio
 Fecha de Calibración : 2022-12-06

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MASTERESPI S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 " Procedimiento interno de Calibración de Prensas, Celdas y Anillos de Carga".

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	17,4	18,1
HUMEDAD RELATIVA	70,0%	67,0%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Lic. Nicolas Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP :0316.

Certificado : TC-14723-2022

Página : 2 de 2

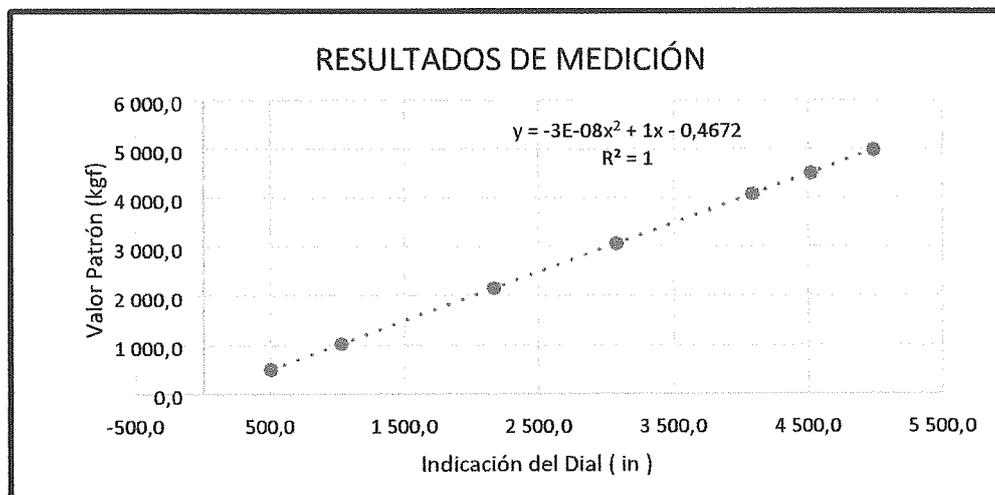
TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Manómetro Digital 0 a 700 bar clase 0,05	Celda de Carga 30 TN TEST & CONTROL	TC-0773-2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

VALOR PATRÓN (kgf)	INDICACIÓN DEL EQUIPO (kgf)
502,6	503,0
1031,1	1031,7
2168,6	2169,3
3076,9	3077,8
4087,2	4088,1
4522,1	4523,0
4992,6	4994,1

Incertidumbre: 0,8 kgf



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

La Prensa cuenta con un indicador de Marca: High Weight , Modelo: 318-X8, serie:985268757 y una Celda de Carga Marca: Keli; modelo: A-FED; y con número de serie: AKT5528

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 12165 - 2022

PROFORMA : 7052F Fecha de emisión : 2022-12-14

SOLICITANTE : MASTERESPI S.A.C.

Dirección : JR. PARACAS NRO. S/N (S69068270-BARRIO PATARCOCHA PILCOMAYO) PILCOMAYO JUNÍN-HUANCAYO-HUANCAYO

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

TEST & CONTROL S.A.C. es un

Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : OHAUS

Laboratorio de Calibración y
Certificación de equipos de

Modelo : SE602F
N° de Serie : 8358190110
Capacidad Máxima : 600 g
Resolución : 0,01 g
División de Verificación : 0,1 g
Clase de Exactitud : III

Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

Capacidad Mínima : 2 g
Procedencia : CHINA
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. brinda
los servicios de calibración de
instrumentos de medición con los
más altos estándares de calidad,

Variación de ΔT Local : 8 °C
Fecha de Calibración : 2022-12-14

nuestros clientes.

Este certificado de calibración
documenta la trazabilidad a los
patrones nacionales o
internacionales, de acuerdo con el
Sistema Internacional de Unidades
(SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MASTERESPI S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad
de sus mediciones se le recomienda
al usuario recalibrar sus
instrumentos a intervalos
apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII". Primera Edición - Mayo 2019. DM - IN CAL.

Los resultados son válidos
solamente para el ítem sometido a
calibración, no deben ser utilizados
como una certificación de
conformidad con normas de
producto o como certificado del
sistema de calidad de la entidad
que lo produce

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Página : 1 de 3



Certificado de Calibración
TC - 12165 - 2022

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 100 mg a 1 kg Clase de Exactitud M2	TC-6069-2022 Mayo 2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

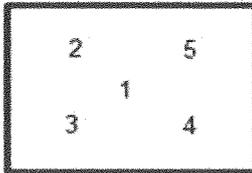
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,2 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	48 %	48 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	300	299,99	6	-11
2		299,99	6	-11
3		299,99	6	-11
4		299,99	5	-10
5		299,99	5	-10
6		299,99	5	-10
7		299,99	6	-11
8		299,99	5	-10
9		299,99	5	-10
10		299,99	5	-10
| Emax - Emin | ( mg)			1	
e.m.p. ± (mg)			300	

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	600	599,97	4	-29
2		599,98	5	-20
3		599,98	5	-20
4		599,98	5	-20
5		599,97	3	-28
6		599,97	4	-29
7		599,97	4	-29
8		599,98	5	-20
9		599,98	5	-20
10		599,98	5	-20
| Emax - Emin | ( mg)			9	
e.m.p. ± (mg)			300	

Certificado de Calibración
TC - 12165 - 2022



Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	48 %	48 %

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

N°	Determinación de Eo				Determinación del Error Corregido Ec					e.m.p. ± (mg)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1	1	1,00	6	-1	200	199,99	5	-10	-9	200
2		1,00	6	-1		200,00	7	-2	-1	
3		1,00	5	0		200,00	7	-2	-2	
4		1,00	5	0		199,99	5	-10	-10	
5		1,00	7	-2		200,00	6	-1	1	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,4 °C
Humedad Relativa	48 %	49 %

Carga (g)	Carga Creciente				Carga Decreciente				e.m.p. ± (mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1,000	1,00	6	-1						
2,001	2,00	6	-2	-1	2,00	5	-1	0	100
5,000	5,00	5	0	1	5,00	5	0	1	100
10,000	10,00	5	0	1	10,00	5	0	1	100
50,000	50,00	6	-1	0	50,00	5	0	1	100
100,001	100,00	6	-2	-1	99,99	5	-11	-10	200
200,001	199,99	5	-11	-10	199,99	5	-11	-10	200
300,001	299,99	5	-11	-10	299,99	5	-11	-10	300
400,002	399,99	5	-12	-11	399,98	4	-21	-20	300
500,001	499,98	4	-20	-19	499,98	4	-20	-19	300
600,002	599,98	5	-22	-21	599,98	5	-22	-21	300

Donde:

I : Indicación de la balanza

ΔL : Carga incrementada

Eo : Error en cero

e.m.p. : Error máximo permitido

E : Error encontrado

Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	=	$R + 3,63 \times 10^{-5} \times R$
Incetidumbre Expandida	=	$2 \times \sqrt{4,39 \times 10^{-5} \text{ kg}^2 + 1,19 \times 10^{-9} \times R^2}$

R : Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración (g)

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 600,00 g para una carga de valor nominal 600 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Página : 3 de 3