



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Influencia de las Cenizas de carbón mineral en las
propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco, La
Libertad, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Rios Vilca, Natali Wendoli ([ORCID: 0000-0002-5604-8535](#))

Neyra Vasquez, Amilcar Milton ([ORCID: 0000-0002-1090-3989](#))

ASESOR(A):

Mg. Ing. Minaya Rosario, Carlos Danilo ([ORCID: 0000-0002-0655-523X](#))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA-PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios con mucho amor y gratitud, por ser el sustento espiritual para llegar a concluir mis metas.

A la memoria de mis padres que están en el cielo Clara Vilca y Fidencio Rios, por haber sido las personas que simplemente me llenan de orgullo y me dejaron la mejor herencia, sus enseñanzas.

A mi hermana Laura, aunque la mayoría de veces parece que estuviéramos en batalla, hay momentos que la guerra cesa para llenarnos de amor inmenso. Gracias por haber ocupado el lugar de mi madre y ayudarme a culminar el camino que me dejaron.

A mi gran compañero y amigo Amilcar Neyra Vasquez por su gran esfuerzo y dedicación para culminar con éxito este proyecto emprendido por los dos.

Natali Wendoli Rios Vilca

A Dios, por todas sus bendiciones a lo largo de mi formación académica y por poner en mi camino a aquellas personas que fueron mi soporte y compañía.

A mis padres Sixta Vasquez y Fulgencio Neyra quienes son pilares fundamentales en mi vida, por su apoyo incondicional, por la motivación constante y sus ejemplos de perseverancia.

A mis Hermanas quienes son mis más grandes compañeras y amigas quienes me han enseñado con sus ejemplos de vida grandes lecciones para salir adelante les amo.

A mi compañera de tesis Wendoli Rios Vilca por su esfuerzo y perseverancia, por ser una gran amiga, brindarme su total confianza y que junto a sus ideas llegamos a cumplir una de nuestras metas.

Amílcar Milton Neyra Vasquez

AGRADECIMIENTO

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestros padres, hermanos y amigos por sus constantes muestras de apoyo, y aliento constante durante la ejecución de este proyecto de investigación.

A nuestro asesor Mg. Ing. CARLOS DANILO MINAYA ROSARIO por su ayuda en el desarrollo de esta investigación durante el ciclo académico.

A nuestros profesores por brindarnos la información para poder desarrollarnos en la vida académica, a la Universidad César Vallejo por brindarnos la oportunidad de cumplir con uno de nuestro mayor sueño, ser profesionales.

A mis compañeros, porque fueron parte de nuestro aprendizaje profesional como social.

índice de contenido

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Indice de contenido.....	iv
Indice de tablas.....	v
Indice de figuras	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	5
III. METODOLOGIA	14
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Variables y Operacionalización.....	15
3.3. Población, Muestra Y Muestreo.....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimiento	19
3.6. Métodos de análisis de datos	26
3.7. Aspectos éticos	27
IV. RESULTADOS	28
V. DISCUSIONES.....	49
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS	55
ANEXOS.....	63

índice de tablas

Tabla 1. Numero de calicatas para Exploración de suelos.....	17
Tabla 2. Numero de ensayos Mr y CBR.....	17
Tabla 3. Tamizado de la muestra de la calicata C1-M1.	29
Tabla 4. Tamizado de la muestra de la calicata C2-M1.	29
Tabla 5. Resultado de clasificación SUCS, AASHTO y contenido de humedad de C1-M1 y C2-M1.....	31
Tabla 6. Resultados del ensayo de Limites de Atterberg de las calicatas C1-M1 y C2-M1.....	32
Tabla 7. Limite Liquido y Limite Plástico de la calicata C1-M1+24%, 28% y 32% de cenizas de carbón mineral.....	34
Tabla 8. Resultados del ensayo proctor modificado de la calicata C1-M1.	35
Tabla 9. Resultados del ensayo Proctor modificado de la calicata C1-M1+24% de cenizas de carbón mineral.....	36
Tabla 10. Resultados del ensayo Proctor modificado de la calicata C1-M1+28% de cenizas de carbón mineral.....	36
Tabla 11. Resultados del ensayo proctor modificado de la calicata C1-M1+32% de cenizas de carbón mineral.....	37
Tabla 12. comparación de resultado de Proctor Modificado de la muestra C1-M1 + 24%, 28% y 32% Cenizas de Carbón Mineral.....	38
Tabla 13. Resultados del ensayo CBR de la calicata C1-M1.	39
Tabla 14. Ensayo de CBR de la muestra C1-M1+24% de Cenizas de Carbón Mineral.....	41
Tabla 15. Ensayo de CBR de la muestra C1-M1 + 28% Cenizas de Carbón Mineral.	43
Tabla 16. Ensayo de CBR de la muestra C1-M1 +32% Cenizas de Carbón mineral	45
Tabla 17. Comparación de resultado de CBR de la muestra C1-M1 + 24%, 28% y 32% de Cenizas de Carbón Mineral.....	47

índice de figuras

Figura 1: Foto de la ejecución de calicata.	20
Figura 2. Foto de la mezcla ceniza +arcilla.	20
Figura 3. Foto del ensayo de Análisis granulométrico por tamizado.	22
Figura 4. Foto de muestras compactadas.	23
Figura 5. Foto de penetración de muestra.....	23
Figura 6. Foto de Límites de Atterberg.....	24
Figura 7. Foto de la determinación de IP y LP.	24
Figura 8. Foto de las probetas del ensayo CBR.....	26
Figura 9. Imagen de la Vía de Circunvalación.....	28
Figura 10. Curva granulométrica de la calicata C1-M1.	30
Figura 11. Curva granulométrica de la calicata C2-M1.	31
Figura 12. Diagrama de fluidez de la calicata C1-M1.....	32
Figura 13. Diagrama de fluidez de la calicata C2-M1.....	33
Figura 14. Comparación de Límites de Atterberg.....	33
Figura 15. comparación de resultado de Limite de Atterberg de la muestra C1-M1 con la incorporación de 24%, 28% y 32% Cenizas de Carbón Mineral.....	34
Figura 16. Proctor modificado, calicata C1-M1.....	35
Figura 17. Proctor modificado, calicata C1-M1+24% de cenizas de carbón mineral.	36
Figura 18. Proctor modificado, calicata C1-M1+28% de cenizas de carbón mineral.	37
Figura 19. Proctor modificado, calicata C1-M1+32% de cenizas de carbón mineral.	37
Figura 20. comparación de resultado de Proctor Modificado de la muestra C1-M1 + 24%, 28% y 32% Cenizas de Carbón Mineral.....	38
Figura 21. Ensayo CBR, calicata C1-M1.....	40

Figura 22. Ensayo CBR, de la calicata C1-M1.	41
Figura 23. Ensayo CBR, de la muestra C1-M1+24% Cenizas de Carbón Mineral.	42
Figura 24. Ensayo de CBR de muestra C1-M1 + 24% Cenizas de Carbón Mineral.	43
Figura 25. Ensayo CBR, de la muestra C1-M1 + 28% Cenizas de Carbón Mineral.	44
Figura 26. Ensayo de CBR de muestra C1-M1 + 28% Cenizas de Carbón Mineral.	45
Figura 27. Ensayo CBR, de la muestra C1-M1 + 32% Cenizas de Carbón Mineral.	46
Figura 28. Ensayo de CBR de muestra C1-M1 +32% Cenizas de Carbón Mineral.	47
Figura 29. comparación de resultado de CBR de la muestra C1-M1 + 24%, 28% y 32% de Cenizas de Carbón Mineral.	48

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo evaluar la influencia de las cenizas de carbón mineral en diferentes proporciones en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo tipo CL en la subrasante arcillosa de la vía de Circunvalación en el distrito de Huamachuco, La Libertad

Para esta investigación se empleó la metodología experimental, de tipo de estudio aplicada, nivel de investigación explicativo y con enfoque cuantitativo ya que, busca relacionar dos variables para obtener resultados de manera intencional.

Los resultados obtenidos fueron favorables se obtuvo que el índice de plasticidad disminuyó a 0% con todos los porcentajes añadidos teniendo como 10% de IP en la muestra natural, en el ensayo de proctor modificado los resultados de la muestra patrón fueron la densidad máxima seca 2.006 k/cm³ y óptimo contenido de humedad de 10.8% con la adición del 28% de cenizas de carbón mineral los resultados variaron a un Óptimo Contenido de Humedad de 15.5% y Máxima Densidad Seca 1.789 k/cm³. y el CBR aumento a 69.9% y 59.2% con una Densidad Máxima Seca de 1.806 g/cm³ y 1.716 g/cm³, en comparación al CBR de la muestra patrón donde sus resultados fueron de 10.3% al 100% y 8.5 %, al 95% de la M.D.S.

Mediante el desarrollo se disminuyó satisfactoriamente el índice de plasticidad a un tanto de 0% con todos los porcentajes adicionados lo cual se tuvo como 10% de IP en la muestra natural, así mismo al realizar el ensayo de proctor modificado el más favorable resultó una Máxima Densidad Seca 1.789 k/cm³ y Óptimo Contenido de Humedad de 15.5% el cual hace que el terreno disminuya la absorción de agua haciendo que se vuelva más estable. En el ensayo California Bearing Ratio se obtuvieron como resultados CBR de 69.9% a una lectura del 100% de la M.D.S y 59.2 al 95% de la M.D.S. aumentando un 6.7 y 6.4 veces su valor la cual se considerada como una sub rasante buena.

Palabras claves: Cenizas de carbón mineral, subrasante arcillosa, Estabilización.

ABSTRACT

The present thesis aims to evaluate the influence of coal ashes in different proportions in the improvement of the mechanical properties of the CL type soil in the clayey subgrade of the Circunvalación road in the district of Huamachuco, La Libertad

For this research, it was established to use the experimental methodology, applied study type, explanatory research level and with a quantitative approach since it seeks to relate two variables to obtain results intentionally.

The results obtained were favorable, it was obtained that the plasticity index decreased to 0% with all the percentages added having 10% IP in the natural sample, in the modified proctor test the results of the standard sample were the maximum dry density 2.006 k / cm³ and optimal moisture content of 10.8% with the addition of 28% of mineral coal ash, the results varied to an Optimal Moisture Content of 15.5% and Maximum Dry Density 1,789 k / cm³. and the CBR increased to 69.9% and 59.2% with a Maximum Dry Density of 1,806 g / cm³ and 1,716 g / cm³, compared to the CBR of the standard sample where its results were 10.3% at 100% and 8.5% at 95 % of MDS.

Through the development, the plasticity index was satisfactorily reduced to 0% with all the percentages added, which was 10% IP in the natural sample, likewise when performing the modified proctor test the most favorable resulted in a Maximum Dry Density 1,789 k / cm³ and Optimum Moisture Content of 15.5% which makes the land reduce water absorption, making it more stable. In the California Bearing Ratio test, CBR results of 69.9% were obtained at a reading of 100% of the M.D.S and 59.2 at 95% of the M.D.S. increasing 6.7 and 6.4 times its value which is considered a good subgrade.

Keywords: Coal ash, clayey subgrade, Stabilization

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional la importancia de la red vial es un complemento muy importante para el impulso económico de las grandes ciudades, por ello es de suma importancia mencionar las fallas en las carreteras que han venido siendo un problema muy común debido a los distintos tipos de suelos que en muchas ocasiones no cumplen con las características necesarias para la construcción de diferentes proyectos de ingeniería, que por no tener una resistencia adecuada, tiende a sufrir diferentes cambios como deformaciones, desgastes y deterioros a temprana edad, debido a la presencia de agentes atmosféricos este fue el caso de España, Colombia, Ecuador y Guatemala, que a manera de mejorar los problemas en los suelos utilizaron diferentes sustancias para cada tipo de terreno como cal, cloruro de magnesio, cloruro de calcio para suelos arcillosos, cemento para arenas y gravas, sales hidrófilas para retener el agua así mismos en Madrid para la estabilización de suelos arcillosos de alta plasticidad utilizaron yesíferos en polvo y ceniza de cabuya esta técnica logró tener grandes resultados disminuyó el índice de plasticidad, aumentó la capacidad portante y durabilidad de los suelos, los materiales empleados fueron económicos y abundantes en muchos lugares de los países.

En los últimos años en el Perú se han realizado mayores obras de infraestructura vial, pero con el paso del tiempo estas han presentado una serie de fallas y desgastes las cuales se vieron reflejadas en su durabilidad, analizando el proceso constructivo de un pavimento nos centramos en el tipo de suelo, el cual debe tener una buena resistencia, estabilidad volumétrica, permeabilidad y comprensibilidad entre otros factores cumpliendo todas las especificaciones técnicas para la ejecución de una obra vial, teniendo un buen suelo se puede llegar a mitigar los daños en los pavimentos generando mayor capacidad de soporte y mayor durabilidad. En la estabilización de suelos muchas veces no se han llevado a cabo de una manera adecuada ya que los aditivos químicos con los que se estabilizaron son muy costosos, y con el paso del tiempo los daños se ven reflejados siendo su mantenimiento más costoso. Desde tiempo a tras se ha llevado a cabo estabilización de suelos mediante cenizas recicladas provenientes de plantas naturales y carbón, las cuales han ganado un auge muy importante en el mejoramiento de suelos y concretos. La adición de cenizas volantes resultó una

opción rentable para estabilizar suelos en las ciudades como Chimbote, Chiclayo, y la provincia de Santa en Áncash implementaron esta técnica de estabilización por ser un producto abundante en la zona, se encuentra sin ningún uso y genera contaminación al medio ambiente.

La localidad de Huamachuco tiene una amplitud territorial de 2486,38 kilómetros cuadrados, tiene un clima templado y se encuentra a 3200 metros sobre el nivel del mar, su desarrollo ha sido acelerado. Pese a ello no todas sus calles están pavimentadas y las que sí, se encuentran con un gran desgaste significativo, el cual es por no contar con las técnicas adecuadas para la estabilización de suelos o falta de presupuesto dejando de lado el mejoramiento de los suelos donde se ejecuta la pavimentación, es por ello que ocurren los desgastes en corto tiempo. En el distrito existe gran cantidad de cenizas de briquetas las cuales están compuesta mediante carbón mineral, las briquetas son muy utilizadas en las fábricas de ladrillo, tejas y así mismo como biocombustible en remplazo a la leña por tener un bajo costo, están cenizas son un gran agente de contaminación ambiental ya que Huamachuco no cuenta con una gestión de residuos para dichas cenizas. Este estudio pretende ser amigable con el medio ambiente reutilizando cenizas de briquetas como estabilizante en la subrasante de suelos arcillosos, de esta manera se genera un mayor soporte al tránsito pesado existente en la ciudad y así obtener obras pavimentada con mayor vida útil, por otro lado, es una muy buena opción para optimizar costos en la ejecución de estructuras viales sin dejar de lado la estabilización de suelos que es la base fundamental para tener pavimentos duraderos y en buen estado.

Formulación del Problema

Como referencia a la problemática planteada líneas atrás, el desgaste y fisuras de los pavimentos, son provocados por el exceso de carga y la falta de una estabilización optima del suelo la cual dota al terreno de una alta resistencia a la carga, a la durabilidad y garantiza una obra vial con una gran vida útil. La mayoría de suelos no presentaron las características necesarias para ser pavimentadas y el costo por estabilizarlas es considerable, por ello se pretende realizó la evaluación de cenizas de briquetas como componente para mejor la estabilización de suelos.

Problema general

¿Cuánto influye las cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020?

Problemas específicos

¿Cuánto influye las cenizas de carbón mineral en el índice de plasticidad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020?

¿Cuánto influye las cenizas de carbón mineral en el contenido de humedad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020?

¿Cuánto influye las cenizas de carbón mineral en la capacidad portante de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020?

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se justificó como una investigación innovadora y económica para construcciones viales, contribuyendo en la ejecución de pavimentos, ya que para hacer duradera una obra de infraestructura vial es necesario establecerla sobre cimientos con alta capacidad portante. Se evaluaron porcentajes de cenizas de briquetas, como estabilizantes de suelos arcillosos, pudiendo obtener buenos resultados por contener puzolana natural, por estar sometidas a altas temperaturas, las propiedades de las cenizas se conocieron mediante ensayos establecidos en las normas de construcción. Este estudio aporta conocimientos a otros investigadores en estabilización de suelos y de esta forma conocer los beneficios de cenizas de briquetas como estabilizantes de subrasante. Una estabilización resulta muy costosa, por ello se presentó una opción de bajo costo y responsable con el hábitat ambiental para la ciudad de Huamachuco.

Hipótesis General

La aplicación de las cenizas de carbón mineral, influyen en las propiedades de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.

Hipótesis Específicas

La aplicación de las cenizas de carbón mineral, disminuirá el índice de plasticidad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.

La aplicación de las cenizas de carbón mineral disminuirá el contenido de humedad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.

La aplicación de las cenizas de carbón mineral, aumentará la capacidad portante de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.

Objetivo General

Evaluar la influencia de las cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.

Objetivo Específicos

Evaluar la influencia de la ceniza de carbón mineral en el índice de plasticidad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.

Evaluar la influencia de la ceniza de carbón mineral en el contenido de humedad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.

Evaluar la influencia de las cenizas de carbón mineral en la capacidad portante de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Cabrera, Paredes (2018), dentro de su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada ***“Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el centro poblado de cascajal izquierdo, provincia de santa – Áncash – 2018”***. De la Universidad Cesar Vallejo, cuyo **objetivo** fue mejorar el suelo utilizando cenizas de carbón mineral. La **metodología** fue de tipo no experimental Correlacional, tomando como **población** y **muestra** la superficie de un terreno de 28,000m². Los **instrumentos** fueron ensayos de granulometría, índice de plasticidad y el Proctor modificado, los **resultados** arrojaron que el 4, 8, 10% mejoran las propiedades del suelo. Se **concluyó** que las cenizas de carbón fueron aptas para mejorar las características del terreno.¹

Cubas, Chávez (2016), dentro de su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada ***“Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas.”*** De la universidad Señor de Sipán, su **objetivo** fue evaluar el carbón en cenizas, como estabilizador de suelos. Su **tipo de estudio** fue cuantitativo, Cuasi-experimental, como **población** consideró los suelos sueltos y arcillosos de baja calidad, su **muestra** no probabilística, se seleccionó las características y especificaciones de los suelos agregando porcentajes de 7%, 14% y 21%. Los **instrumentos** fueron análisis estadísticos del software de análisis Minitab, CBR, **los resultados** fue que el 14% de cenizas obtuvo mejor reacción a la estabilidad de suelos arcillosos. Se **Concluyó** que, mediante la activación alcalina a través escorias de carbón, aumentó la resistencia de los terrenos.²

Goñas (2019), dentro de su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada ***“Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada.”*** De la universidad Nacional Toribio rodríguez de Mendoza de Amazonas, su **objetivo** fue estimar la influencia de cenizas de carbón mineral y vegetal en las propiedades mecánicas del suelo, Su **estudio** fue tipo experimental aplicada, su **población** fue el universo y se sustrajeron **muestras** de suelos de la cuadra 8 y 9 de la calle las lomas, el **muestreo** fue no probabilístico tipo intencional. Los **instrumentos** fueron las pruebas de granulometría, límite de consistencia, proctor estándar y el CBR, los **resultados** fue que al adicionar 15%, 20% y 25%

tuvo incrementos del CBR de 0.80%, 3.5% y 3.7%, siendo el 15% el incremento más desfavorable. se **concluyó** que las cenizas si mejorar la resistencia de los suelos de tipo CH y OH, pero, no lograron estabilizarlos de acuerdo al MTC.³

Cañar (2017), dentro de su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada ***“Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”***. De la Universidad Técnica de Ambato, su **finalidad** fue evaluar la adición de carbón en cenizas para estabilización de suelos. Su **estudio** fue de tipo exploratorio experimental, la **población** fueron suelos arcillosos y arenosos de la ciudad de Puyo, la **muestra** fue de varios km adicionando cenizas en 20, 23 y 25%. Los **instrumentos** fueron límites de Atterberg, ensayo de compresión no confinada, SUCS y el CBR, los **resultados** fue que la adición de cenizas en un 25%, mejora el CBR del suelo. Se **concluyó** que las cenizas de carbón mejoran los suelos arcillosos mejor que los arenosos.⁴

Gómez (2016), dentro de su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada ***“Evaluación técnica y ambiental del proceso de almacenamiento de cenizas de carbón activadas alcalinamente para su uso como estabilizante de suelo.”*** De la Universidad de Medellín, su **finalidad** fue evaluar técnicas mediante carbón en cenizas activadas alcalinamente como estabilizante de suelos limosos y arcillosos, su tipo de **estudio** fue experimental aplicada, su **población** y **muestra** fueron carbón en cenizas, una accionada con Hidróxido de Calcio y la segunda con Hidróxido de Sodio. Los **instrumentos** fueron pruebas de difracción de rayos X (DRX) y microscopio electrónico de barrido (SEM) y contenido de humedad, los **resultados** arrojaron que en resistencia a la compresión no confinada fue 100% a 300% para los suelos con adición CC-CA y del 400% al 600% para estabilizante con CC-Na. Se **Concluyó** que el uso de cenizas de carbón es una técnica eficiente para estabilización de suelos limosos-arcillosos.⁵

Ariza, Rojas, Romero (2016), dentro de su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada ***“Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante.”*** De la Universidad la Gran Colombia, tuvo con **finalidad** estimar el desempeño mecánico de un suelo con baja estabilidad volumétrica en la subrasante adicionando cenizas volantes. su tipo de

estudio fue experimental descriptivo, su **población** fue una obra ubicada en la sabana de Bogotá en la Av. Medellín y Cota, la **muestra** fue aproximadamente 120 kilogramos excavados a 1.50 m. Los **instrumentos** fueron el Límites de Atterberg, ensayo de expansión, CBR, y granulometría, obteniendo **resultados** positivos en limite líquido y plástico y negativos en expansión. Se **concluyó** que no aumentó la resistencia y no disminuyó la plasticidad con la adición de 30, 35, 40%.⁶

Siavash (2017), in his thesis to choose the degree of doctor of philosophy entitled "**use of fly ash for soil improvement**" from **West London University**, whose **objective** objective was to evaluate the physical characteristics of a construction material, the **methodology** was quantitative, experimental, the **sample** was 3 cubes of 25 kg with four durations, the **instruments** were techniques for stabilization, binders, water repellents and tamper of steel 2.5 kg, the **results** were the CBR increased to 41.4% to 96.6% by adding 2% of cement and by adding 3% of cement, the CBR increased by 24.2%. it was **concluded** that FA soils achieved resistance three times higher. La tesis tuvo como **objetivo** fue evaluar las características físicas de un material para construcción, la **metodología** fue cuantitativa, experimental, la **muestra** fue de 3 cubos de 25 kg con cuatro duraciones, los **instrumentos** fueron técnicas para la estabilización, aglutinantes, repelentes de agua y apisonador de acero 2.5 kg, los **resultados** fueron el CBR aumento a 41.4% a 96.6 % mediante la adición de 2% de cemento y al adicionar el 3% de cemento aumento el CBR en un 24.2%. se **concluyó** que los suelos FA lograron resistencia tres veces más alto.⁷

Khaoya (2016), in his thesis to choose a master's degree in science in Engineering and Construction Management entitled "**stabilization of the expansive clay soil using ash and lime bagasse**" from the **University of Agriculture and Technology**, whose **objective** was to investigate the properties of clay soils to use lime and bagasse ash in stabilization, the **type** of research was quantitative, experimental, the **population** was 18 laboratory tests of lime and cane bagasse ash, the **sample** was taken 3 plates for maximum stress and modulus of elasticity, the **instruments** were modified Proctor, granulometry, atterberg limit, CBR, the **results** were lime (26%, 21% and 14%), ash (34%, 33% and 30%) and the lime / ash ratio (19%, 27%, 30% and 36%), it was **concluded** that the combination of lime

and ash can be used effectively to improve clay soils with low CBR value and high plasticity. La tesis tuvo como **objetivo** fue investigar las propiedades de los suelos arcillosos para usar cal y ceniza de bagazo en la estabilización, el tipo de **investigación** fue cuantitativa, experimental, la **población** fue de 18 ensayos de laboratorio de cal y ceniza de bagazo de caña, la **muestra** se tomó 3 placas para esfuerzo máximo y módulo de elasticidad, los **instrumentos** fueron Proctor modificado, granulometría, límite de atterberg , CBR, los **resultados** fueron lima (26%, 21% y 14%), cenizas (34%, 33% y 30%) y la relación cal/ceniza (19%, 27%, 30% y 36%), se **concluyó** que la combinación de cal y ceniza se pueden utilizar eficazmente para mejorar suelos arcillosos con bajo valor de CBR y alta plasticidad.⁸

Melat (2016), in his thesis to choose a master's degree in geotechnical engineering entitled "**Comparison of soil stabilization from ash and wood base methods**" from the Addis Ababa **University of Science and Technology** whose **objective** was to evaluate an alternative in quality, costs and time to stabilize expansive soils, the **methodology** was experimental, the **sample** was a depth of 1.5 m, the **instruments** were, chemical analysis, atterberg limits, free wave indicator, the **results** were the liquid limit of the cured sample after 7 days decreases to 5%, 10% and 15%. Likewise, the free swell decreased to 5%, increased to 10%, decreased to 15% and increased to 20%. He **concluded** that the ash at a higher percentage is a good material to stabilize soils and performs the same functions as other stabilizers. La tesis tuvo como **objetivo** fue evaluar una alternativa en calidad, costos y tiempo para estabilizar suelos expansivos, la **metodología** fue de tipo experimental, la **muestra** fue un poso de profundidad 1.5 m, los **instrumentos** fueron, análisis químico, límites de atterberg, indicador de oleaje libre, los **resultados** fueron el límite de líquido de la muestra curado a los 7 días disminuye a 5%, 10% y 15%, Asimismo el oleaje libre disminuyó a 5%, aumentó a 10%, disminuyó a 15% y aumenta al 20%. **Concluyó** que la ceniza a más porcentaje es buen materia para estabilizar suelos y cumple las funciones al igual que otros estabilizadores.⁹

Dang, Hasan, Fatahi, Jones and Khabbaz (2016) in scientific article titled ***“Enhancing The Engineering Properties Of Expansive Soil Using Bagasse Ash And Hydrated Lime”*** de **University of Technology Sydney (UTS), Sydney, Australia**, The **objective** of this study was to evaluate the potential poisons of sugarcane bagasse ash and lime for soil stabilization in percentages from 0 to 25%. The **methodology** used was experimental, the **sample** consisted of a portion of 250 Kg of soil passed through sieve n° 425, The **instruments** were Atterberg limit, CBR tests and classification of soil system units (USCS), as the **results** indicated that there was a 46% reduction in linear soil shrinkage after just 7 days, shrinkage reduction of approximately 80% compared to natural soil. It **concluded** that the CBR value improved significantly, satisfactorily decreasing the linear contraction. Este artículo tuvo como **objetivo** evaluar los beneficios potenciales del bagazo de caña hecho cenizas y la cal como estabilizantes de suelos en porcentajes desde el 0% hasta 25%. **La metodología** empleada fue experimental, la **muestra** fue constituida por una porción de 250 Kg de suelo pasados por el tamiz n° 425, **Los instrumentos** fueron límite de Atterberg, pruebas de CBR y clasificación de unidades de suelos sistema (USCS), como **resultados** indicaron que hubo una reducción de la contracción lineal del suelo de 46% después de solo 7 días, reducción de contracción de aproximado 80% en comparación del suelo natural. Se **concluyó** que el valor del CBR mejoró significativamente disminuyendo satisfactoriamente la contracción lineal.¹⁰

James, Billy, Nagarathinam, Thaniyarasu and Madhu (2016) in scientific article titled ***“Pozzolcinic benefit of fly ash and steel slag blends in the development of uniaxial compressive strength of lime stabilized soil”*** of **Tagore Engineering College, chennai**, The **objective** to examine fly ash and steel slag for soil stabilization in percentages of 6% and 8%. The **methodology** was experimental, the **population** was virgin soils with natural road water in Tamil Nadu, India. The **instruments** were uniaxial comprehensive resistance tests, ASTM D6276 and calcium oxide evaluation tests (pH Eades and Grim). The **results** were that fly ash and steel slag benefit by 3.5% and 15%. It was **concluded** that stabilization with fly ash and steel slag give good results with the added. Este artículo tuvo como **objetivo** examinar las cenizas volantes y escoria de acero para la estabilización de suelos en porcentajes de 6% y 8%. **La metodología** fue experimental, la **población**

fueron suelos vírgenes con agua natural de la carretera en Tamil Nadu, India, Los **instrumentos** fueron ensayos de resistencia comprensiva uniaxial, ASTM D6276 y pruebas de evaluación del óxido de calcio (pH Eades y Grim). Los **resultados** fueron que las cenizas volantes y escoria de acero beneficio en 3.5% y 15%. Se **concluyó** que la estabilización con cenizas volantes y escoria de acero dan buenos resultados con los porcentajes añadidos.¹¹

Farias, Mendoza y Zamora (2018), en su artículo de investigación titulado ***“influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia a la compresión simple de un material granular tipo subrasante”*** de la **Universidad Autónoma de Nuevo León** tuvo como **objetivo** fue estudiar la influencia de la ceniza de caña de azúcar para mejorar las propiedades en suelos, la **metodología** empleada fue experimental, aplicada, La **muestra** fue una caldera de temperatura alrededor de 700 °C, como **instrumentos** se tuvo ensayo de CBR, resistencia a la compresión simple ASTM D1633, los **resultados** se tuvo que las características de humedad fue 21.7% se logró una densidad máxima seca de 1311 kg/m³ y CBR 21%. Se **concluyó** que el 25 % de sustitución parcial de la ceniza de caña de azúcar puede ser aplicado para estabilizar suelos ya que mejora el CBR y las características de humedad.¹²

2.1. Fundamentación teórica

Teniendo en cuenta conceptos de investigadores a nivel internacional.

Suelos

Él es la parte superficial de la corteza y puede estar conformado por materiales orgánicos como arcillas y limos, materiales que pueden mostrar expansión volumétrica. La forma en que el suelo soporta las tensiones impuestas por el peso de las cargas, depende de seis propiedades: fricción interna, cohesión, compresibilidad, elasticidad, permeabilidad y capilaridad.¹³

Suelos arcillosos

Estos suelos se caracterizan por tener baja capacidad portante, absorben bastante agua, presentan poca trabajabilidad, erosión y degradación del suelo, están conformados por silicato de aluminio hidratado. En la actualidad se ejecutan dos

técnicas de clasificación de suelos, las cuales son, American Association of State Highway and Transportation Officials¹⁴.

Subrasante

El pavimento se encuentra conformado por cuatro capas, carpeta de rodadura, base, sub base y la subrasante, la cual se sirve como soporte de cimentación para las estructuras viales, soporta todo el peso de la misma estructura, el peso vehicular y cargas vivas. La subrasante puede estar compuesta de terrenos naturales o reforzados con procesos mecánicos, químicos o elementos naturales¹⁵.

Características básicas para una subrasante óptima

El espesor debe tener como mínimo 30 cm y el nivel de compactación mínimo tiende 95%, su consistencia al soporte permisible de 15% y con una extensión máxima de 5%. Una subrasante optima debe tener suficiente fuerza y estabilidad incluso en condiciones de mal tráfico y clima¹⁶.

- **Capacidad portante**

Es la capacidad de resistencia a las diferentes cargas que trascurren por el suelo, sin presentar deformaciones o asentamientos que puedan perjudicar la estabilidad del terreno. Es considerada como la reacción de soporte de cargas y movimientos verticales externos, generalmente este tipo de cargas son transmitidas por el paso vehicular y el propio peso del pavimento¹⁷.

- **Contenido de humedad**

Nos indica el agua vigente en porcentajes de un terreno definiendo, viene hacer la correlación entre el acopio de agua en una muestra y la concentración de sólidos en la muestra, expresada como porcentaje¹⁸. Lo expuesto se genera por infiltraciones, elevado nivel freático entre otros, si la subrasante tiene un exceso de humedad, producirá imperfecciones ante los pesos vehiculares¹⁸.

- **Índice de plasticidad (expansión y contracción)**

Son los cambios volumétricos y expansivos que sufren las tierras arcillosas y limosas. Diversos suelos tienden a extenderse o reducirse, depende de su flexibilidad y el agua contenida. El índice de plasticidad viene hacer la discrepancia del límite líquido (LL) y límite plástico (LP)¹⁹.

Ensayos para obtener una subrasante optima

- **Proctor modificado**

Este ensayo simula el desarrollo de un suelo compactado en obra, dentro de un laboratorio mediante una secuencia de golpes a la muestra del terreno, a través del cual se puede fijar el porcentaje de humedad de un terreno y la unidad seca del peso y así determinar la calidad del suelo²⁰.

- **California Bearing Ratio (CBR)**

Traduciendo al español su nombre es Relación de Soporte California, es un ensayo por el cual se determina la resistencia al corte y a la capacidad portante, esto bajo estándares de humedad y densidad. “El CBR ha sido usado como un enfoque semi-empírico hacia el pronóstico de la facultad de carga de la subrasante. Este método se introdujo por primera vez en California”. [...] [21].

- **Límite de Atteberg**

Lleva el nombre de un científico sueco Albert Mauritz Atterberg, se utiliza para determinar el límite líquido y plástico, mediante ellos se obtienen los índices de plasticidad, fluidez, tenacidad, liquidez. Consiste en medir el límite líquido del suelo en función a un número de golpes requerido. El límite plástico está dado por la prueba de rodadura, utilizada para verificar la aparición de fragilidad.²²

Estabilización de suelos

Con frecuencia encontramos diferentes tipos de suelos, muchas veces sin las características necesarias para cumplir la capacidad de carga requerida, entonces se opta por diferentes opciones como, sustituir el suelo por otro o realizar estabilización. Dicha estabilización puede ejecutarse por métodos físicos, químicos, o físico-químicos, estos registran los cambios al relacionar el suelo con el agua²³.

Estabilización con materiales pétreos naturales

Las cenizas funcionan como componentes opositores a las reacciones químicas de componentes expansivo. La estabilización del suelo es un tratamiento para mejorar su resistencia y durabilidad. La estabilización común se lleva a cabo con la aplicación de cemento o cal, pero estudios recientes indican que también se pueden utilizar cenizas volantes en su remplazo²⁴.

Carbón mineral

Es un pedrusco sedimentario, es de color negro, con alto contenido de carbono, hidrogeno, azufre y nitrógeno es empleado como combustible prehistórico. “Asimismo es empleado principalmente para la generación de energía eléctrica, también se emplean en procesos metalúrgicos, gasificación como también en industrias cementeras, estos carbones se queman en centrales eléctricas” [25].

Cenizas de briquetas de carbono mineral

Se obtiene a través de la quema de briquetas, fabricadas del mismo mineral, es un material compuesto, en estado de polvo muy fino. Las cenizas son producidas por los hornos de industrias de ladrilleras. Tienen similitud con los conglomerantes conformados por puzolana²⁶.

Propiedades de las cenizas

- **Propiedades físicas**

Las medidas de las partículas de cenizas están en un rango menor de 1 μm a mas 1mm y extensión Blaine entre 4 y 2 cm^2/gr , tiene densidad de 1,3 t/m^3 , su color es gris oscuro, tiene mayor resistencia a la compresión por ser un material granular muy fino, tienen baja permeabilidad con K de $3.7 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{seg}$ y un peso específico de 2,0 y 2,9 g/cm^3 , al ser hidratadas aumenta su porosidad²⁸.

- **propiedades químicas**

“Las cenizas producidas del carbón mineral, están compuestas químicamente, por un minúsculo 70% óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido de hierro (Fe_2O_3), óxido de calcio (CaO), dióxido de silicio (SiO_2), también contiene oxido de magnesio (MgO) y trióxido de azufre (SO_3) y un máximo de 5% de sulfato” [29].

Propiedades de la ceniza según su trabajabilidad

- Contiene puzolana e hidráulica, pero depende de un periodo largo para que tenga reacciones puzolanas.
- Al ser usado en obras con presencia de morteros disminuye la cantidad perteneciente a la reacción árido-álcalis aumentando así la durabilidad.
- Las cenizas aumentan la durabilidad en los morteros.
- Las cenizas trabajan como un disolutivo inerte en su proceso del desarrollo de la reacción puzolánica³⁰.

III. METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación de acuerdo a fin

Esta presente investigación fue definida como un estudio de tipo Aplicada, porque se ejecutaron estudios experimentales para examinar y solucionar los problemas planteados. “La investigación aplicada se realiza para resolver preguntas específicas y prácticas; para la formulación de políticas, administración y comprensión de un fenómeno [...]” [31].

Tipo de investigación de acuerdo al nivel

De acuerdo a su nivel este estudio es de tipo Explicativa, porque el objetivo es explicar la causa y el efecto también cómo se relacionan la variable dependiente e independiente tomando en cuenta la afinidad de la ceniza de carbón mineral. “Se basa en otro tipo de propósito de investigación, la teoría se crea para responder por qué y cómo preguntas. Comprender, explicar, predecir y controlar las relaciones entre variables para detectar las causas que producen así mismo van más allá de la descripción e intenta explicar las razones del fenómeno” [32].

- **Tipo de investigación de acuerdo al diseño metodológico:**

El tipo de diseño para el actual estudio de indagación es cuasi-Experimental, porque se manipulará intencionalmente la variable independiente ceniza de carbón mineral de briqueta con el objetivo de modificar las propiedades de la subrasante arcillosa variable dependiente. “Los diseños cuasi experimentales permiten a los investigadores realizar estudios rigurosos determinando la relación causa-efecto, la asignación de los individuos no es aleatoria, aunque el factor de expansión variable independiente es manipulado por el investigador, La medición de las condiciones ocurre antes y después de la intervención, con una mejora diferencial entre los grupos atribuidos a la intervención” [33].

- **Tipo de investigación de acuerdo al enfoque:**

Enfoque cuantitativo, en la investigación se adiciono ceniza de carbón mineral de briqueta en tres porcentajes diferentes para analizar la resistencia del suelo arcilloso y así comprobar las hipótesis planteadas comparando los resultados obtenidos. se emplea la recopilación de datos para probar hipótesis, establecidas de las preguntas, las variables se miden mediante contextos determinados, asimismo se realizan análisis de las mediciones alcanzadas a base de métodos numéricos y análisis estadísticos logrando diferentes conclusiones con respecto a las hipótesis³⁴.

3.2. Variables y Operacionalización

Variable independiente: Aplicación de cenizas de carbón mineral

- **Definición conceptual:** “Las cenizas de carbón se considera un recurso alternativo prometedor para los elementos de tierras raras, debido a su caracterización bituminosa y su importante desperdicio industrial con impactos significativos adversos en el medio ambiente, recolectados de centrales eléctricas de carbón y también conocidas como subproductos de la combustión del carbón mineral” [35].
- **Definición operacional:** se Incorporó las cenizas de carbón mineral reciclados derivadas de la elaboración y quemado de briquetas, los cuales se adicionarán en tres porcentajes 24%, 28% y 32% que serán evaluados para conocer el porcentaje más favorable que mejore las propiedades de los suelos arcillosos.

Variable dependiente: propiedades de una subrasante arcillosa

- **Definición conceptual:** “La propiedad original de las arcillas es la plasticidad en su menor o mayor valor, asimismo los limos pueden llegar a tener la misma fineza de las arcillas, pero tienen menor plasticidad. Otra propiedad física muy común en las arcillas es que su resistencia incrementa constantemente a medida que aumenta la estabilidad de estas” [36].
- **Definición operacional:** Se medirán los resultados se midieron y el comportamiento de la aplicación de cenizas de carbón mineral mediante ensayos de laboratorio con el objetivo de conocer cuál es el porcentaje más óptimo que mejorará satisfactoriamente las propiedades de una subrasante arcillosa.

3.3. Población, Muestra Y Muestreo

Población

Se define como la totalidad de un conjunto de elementos, personas o individuos que se desea estudiar o analizar y de esta manera obtener los detalles que el investigador necesita obtener. Población son argumentos similares para describir a un grupo de componentes, el estudio estadístico la población es un conjunto entero que requiere figurar cierta investigación, una población no es necesariamente un grupo de personas, si no que puede estar conformada tallas, pesos, niveles de enfermedad, eventos, resultados, características, etc. Para su definición es necesario aplicar juicios claros entre de inclusión y exclusión³⁷.

De acuerdo con lo señalado por el autor citado, en este estudio la población estuvo constituida por todas las calicatas que resulten en la Vía de Circunvalación que tiene una longitud de 2.84 km donde predomina un suelo arcilloso, ubicada en el Distrito de Huamachuco la Libertad, aledaña a la zona de las Pampas de Purumpampa, la cual cuenta con el estudio de suelos, en donde predomina el suelo CH arcillosos. Ver anexo N°11.

Muestra

Se asume como muestra a un extracto de la población, con el propósito de determinar las características de una población. Una muestra estadística viene a ser cierto número de elemento seleccionados para ser análisis científicos con el propósito de obtener resultados acertados. “El marco maestra es el conjunto de sujetos que pueden seleccionarse de la población objetivo dado el proceso de muestreo utilizado en el estudio [...]” [38].

De acuerdo a lo establecido por MTC, en la tabla 1 número de calicatas para exploración de suelos y tabla 2 número de ensayos Mr y CBR del Manual de Carreteras-2014, sección suelos y pavimentos, en la presente investigación fue clasificada como carretera de tercera clase, donde se ejecutaron 4 calicatas, tomándose como muestra 2.5 km de la Vía de circunvalación, desde el km0 hasta el km 2.5 de la Vía por ser la longitud más afectada.

Tabla 1. Numero de calicatas para Exploración de suelos.

Tipo de Carretera	Profundidad	Número mínimo de calzadas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA, mayor de 6000 veh/día de calzada separada, cada uno con una o dos carriles.	1.50m respecto al nivel de la subrasante del Proyecto	calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x kilometro calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x kilometro calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x kilometro	las calicatas se ubicaran longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras duales o Multicarril: carreteras de IMDA, mayor de 6000 y 4001 veh/día de calzada separada, cada uno con una o dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de la subrasante del Proyecto	calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x kilometro calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x kilometro calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x kilometro	
Carreteras de primera clase: carreteras de IMDA, mayor de 4000 y 2001 veh/día de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de la subrasante del Proyecto	4 calicatas x kilometro	
Carreteras de segunda clase: carreteras de IMDA, mayor de 2000 y 401 veh/día de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de la subrasante del Proyecto	3 calicatas x kilometro	
Carreteras de tercera clase: carreteras de IMDA, mayor de 401 y 201 veh/día de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de la subrasante del Proyecto	2 calicatas x kilometro	
Carretera de bajo volumen de tránsito o carreteras con IMDA < 200 veh/día de una calzada	1.50 m respecto al nivel de la subrasante del Proyecto	1 calicata x kilometro	

Fuente: Manual del ministerio de transportes y comunicaciones.

Tabla 2. Numero de ensayos Mr y CBR.

Tipo de Carretera	Nº Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Manual del ministerio de transportes y comunicaciones.

Muestreo

La estadística lo refiere como muestreo a la selección de unidades de una muestra de cierta población de forma totalmente aleatoria o al azar, por lo cual es un procedimiento esencial para así obtener los aspectos fundamentales del análisis de la población de estudio. Se realizó un muestreo no probabilístico, porque que la muestra fue seleccionada por los tesisistas mismos de acuerdo a su conveniencia y alcance de una norma.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica:

“La observación es un aspecto importante de la ciencia. La observación está estrechamente relacionada con la recopilación de datos, y existen diferentes fuentes para esto: documentación, registros de archivo, entrevistas, observaciones directas y observaciones de los participantes.” [...] [39].

El estudio se llevó a cabo mediante la observación experimental, las técnicas utilizadas fueron los ensayos de laboratorio, de los cuales se extrajeron datos mediante el análisis de mecánica de suelos, se desarrollaron ensayos a diferentes muestras y de esta manera se determinó sus distintas propiedades físico mecánicas en la subrasante.

Instrumento:

Los instrumentos que se emplearon fueron las fichas, las cuales permitieron el registro del procedimiento y de los resultados de los ensayos de materiales, los cuales son validados por las normativas establecidas, de esta manera se brindó la confiabilidad requerida. La metodología cuantitativa se basa en un enfoque de información numérica, para su medición, comparación y estadística, los datos se recopilaron a través de herramienta primordiales para obtener información primaria, debido a que el investigador puede decidir sobre la muestra y los tipos de preguntas, cuestionarios, fichas, y lista de verificación de observación de comportamiento⁴⁰.

- MTC E 107- 200(granulometría) ASTM D 422
- Ensayo de Proctor Modificado (MTC E115 – 2000)
- En sayo de Límite de Atterberg (MTC E1090 – 200)
- Ensayo de CBR California Bearing ratio (MTC E 132 -2000)

Validez:

“[...]La validez de contenido implica revisiones de literatura y luego seguimientos con la evaluación de expertos jueces o paneles. El procedimiento de enfoque de juicio de validez de contenido requiere investigadores estar presente con expertos para facilitar la validación [...]” [41].

Para la validez de los instrumentos que se utilizaron, fueron respaldados por las normas técnicas establecidas, elaboradas por profesionales en la materia, también se validaron por juicio de expertos, los cuales se respaldaron por su trayectoria y alto nivel de conocimientos.

Confiabilidad:

“La confiabilidad se refiere a la medida en que la medición de un fenómeno proporciona estabilidad y resultado consistente [...] La prueba de confiabilidad es importante ya que se refiere a la consistencia entre las partes de una medición instrumento. Se dice que una escala tiene una alta fiabilidad de consistencia interna [...]” [42].

La confiabilidad nos dio los ensayos establecidos en el estudio de investigación, mediante la calibración y buen estado de los equipos de laboratorio de suelos, todo esto estuvo respaldado por una certificación del laboratorio de suelos en donde se llevó a cabo el desarrollo del proyecto de investigación.

3.5. Procedimiento**Recolección de datos****Paso 1: Localización de las cenizas recicladas de las ladrilleras**

- Recaudación y análisis del terreno de trabajo, evidencias por medio de fotografías, registros de inspección de la avenida.
- Se reconoció las cantidades que de residuos cenizas de briquetas recicladas de las ladrilleras en la localidad de Huamachuco.
- Las cenizas de briquetas fueron seleccionadas manteniendo las características adecuadas para realizar el proyecto de investigación.

Paso 2: Selección, recolección y traslado

- Se eligió la cantidad adecuada de ceniza para desarrollar los análisis concernientes.
- Se trasladó las cantidades de material de ceniza recicladas para los desarrollar los ensayos establecidos.
- se ejecutaron excavaciones para calicatas en forma alternada, de esta manera se extrajo muestras de suelos, que se realizó in situ, dichas calicatas tuvieron una profundidad mayor a 1.5 m. y diámetro de 1m. a nivel de subrasante.
- Para desarrollar los ensayos se eligieron la cantidad de muestra adecuada, de acuerdo a lo establecido por el MTC en el Manual de Ensayos de Materiales.
- Dichas muestras fueron trasportadas hacia un laboratorio de suelos en el cual se llevó a cabo mediante una serie de ensayos



Figura 1: Foto de la ejecución de calicata.

Fuente: Elaboración propia.

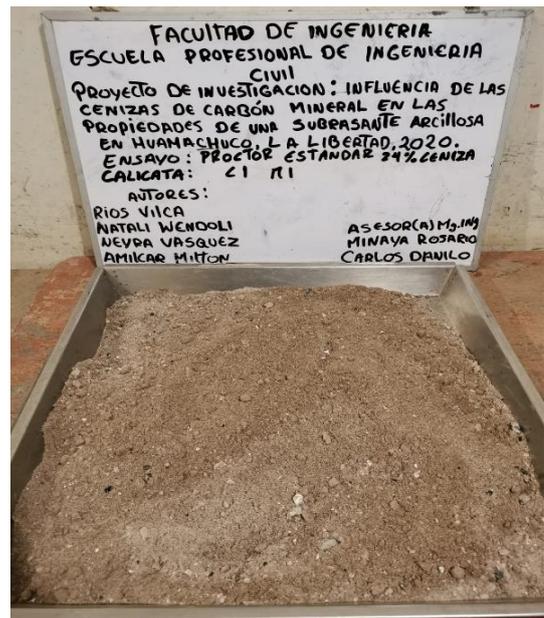


Figura 2. Foto de la mezcla ceniza + arcilla.

Fuente: Elaboración propia.

Paso 3: Desarrollo de los ensayos de laboratorio

- Para realizar los ensayos se añadió la ceniza de carbón mineral en los porcentajes de 24%, 28% y 32% en sustitución del material extraído de las calicatas.
- Determinación de la granulometría por tamizado ASTM D422.
- Ensayo de Proctor Modificado (MTC E115 – 2000), determinando el contenido de humedad.
- Ensayo de Límite de Atterberg (MTC E1090 – 200), determinando Índice de Plasticidad.
- Ensayo de CBR California Bearing Ratio (MTC E 132 - 2000), determinando Capacidad Portante.

Paso 4: procedimiento del desarrollo de los ensayos

Determinación de la granulometría por tamizado ASTM D422.

- Se realizó el cuarteo de la muestra de cada calicata.
- Se introdujo la muestra en una vasija, obteniendo la cantidad de material precisa para el análisis, el material tiene un peso entre un poco más o menos de 3kg.
- Secamos en el horno la muestra por un tiempo de 16hrs. Tuvo una temperatura de 100°C o en el exterior si el ambiente climatológico lo permite, hasta obtener un peso constante.
- Se pesó 2 kilos y de esta manera se procedió a realizar el lavado del material y excluir el material fino.
- El lavado se realizó esparciendo una cierta cantidad de agua sobre la muestra retenida por el tamiz N°200, y se descartó el material pasante por este mismo tamiz, que fue la parte arcillosa del material.
- Últimamente se realizó el tamizado de la muestra sobrante, el cual fue pesado y consignará el restante de cada tamiz.



Figura 3. Foto del ensayo de Análisis granulométrico por tamizado.
Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de Proctor Modificado (MTC E115 – 2000), determinando el contenido de humedad.

- Se tuvo listo el material, con su concerniente peso determinado por una balanza, para ser ejecutada en el ensayo.
- Se ubicó un depósito en el cual se mezcló el material con porcentajes de agua apropiadas y así se realizó la compactación en la horma del Próctor.
- Se realizó la capacitación en el molde de 6 pulg. de diámetro con 5 capas compactadas.
- La muestra utilizada fueron los finos retenidos por el tamiz de $\frac{3}{4}$ " pulg.
- Ya realizada la compactación en el molde respectivo, se quitó el anillo y enrasará el fragmento superior, de esta manera se obtuvo el peso del material-molde y se pesó para obtener el peso general o total.
- Luego se desarticulo el material usado como muestra para el ensayo, se extrajo un porcentaje adecuado del fragmento medio, luego se introdujo dentro de la tara, de esta manera se obtuvo un peso confiable en la balanza. Para el pertinente secado se llevó al horno de temperatura 100°C. con ello se discrepó su contenido de humedad.



Figura 4. Foto de muestras compactadas.
Fuente: Elaboración.



Figura 5. Foto de penetración de muestra.
Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de Límite de Atterberg (MTC E1090 – 200), determinando Índice de Plasticidad.

Se utilizó la norma del (MTC E1090 – 200), se utilizó 200 gramos de material de las calicatas para conseguir el porcentaje de humedad y los límites Atterberg también se tomó 200 gramos del material de las calicatas, excluyendo el peso de la tara en donde se reemplazó el 24%, 28%,32% de carbón mineral en cenizas.

Equipos:

- Copa de Casagrande
- Recipiente para almacenaje.
- Espátula de 100 mm de longitud y 200 mm de ancho.
- Acanalador.
- Pesa Filtros de material resistente a la corrosión.
- Balanza no electrónica de 0.01% de error del peso de la muestra.

Procedimiento del Límite Líquido

- Se tomó una cantidad de muestra, a la cual se le adiciono agua para constituir un vulgo viscoso sutilmente húmedo.
- En la cazuela de Casagrande se colocó cierta cantidad de material.
- Se realizó un corte con el rasurador en el centro del vulgo viscoso, y así poder detonar el fondo de dicha cazuela.
- Se giró la manivela, contabilizando cada golpe para poder unir los dos fragmentos del suelo. Si a la primera intervención no se logró unir, entonces se toma otras porciones de material con otras cantidades de agua hasta lograr que se unan.
- Se pesó la tara sin material.
- Se tomó una muestra del vulgo viscoso al cual fue añadido en la tara incluyendo la porción del suelo.
- Se introdujo la tara con la muestra viscosa en el horno y se dejó para que seque totalmente para obtener el peso de la muestra.



Figura 6. Foto de Límites de Atterberg.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Foto de la determinación de IP y LP.
Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de CBR California Bearing Ratio (MTC E 132 - 2000), determinando Capacidad Portante.

- Se usaron 3 moldes de 6 pulg. de diámetro y 3 bandejas para 6kg de muestra, para los 3 moldes a usar.
- Se determinó el volumen de cada molde, que fue al interior del molde continuamente pesamos el molde.
- Se agregó agua que fue el óptimo contenido de humedad el cual se halló con el ensayo Proctor modificado para cada molde.
- Luego se puso un collarín sobre el molde y se compacto aplicando 5 capas por molde: 10 golpes en el primer molde, 25 golpes para el segundo molde y 56 golpes para el tercer molde.
- Seguidamente se quitó el collarín y se enrazo, se desmonto los moldes y se volvió a ubicar invertido, poniendo un papel filtro cubriendo moldes para luego pesarlo.
- Se colocó la una placa con vástago para perforar el molde invertido así completar la sobre carga y se sumergió.
- Se prosiguió a tomar las lecturas con el objetivo de medir el hinchamiento, el día y la hora, seguidamente se sumergió la probeta durante 96 horas en un tanque manteniendo la sobrecarga aplicada.
- Al terminar el periodo se hizo lectura nuevamente el deformímetro que medio el hinchamiento, para obtener el peso del molde más la muestra saturada se quitó la sobrecarga.
- Se llevó los moldes ya saturados a la prensa, se colocaron en la parte central del orificio con la sobrecarga y el pistón sobre la muestra.
- Para medir la penetración se colocó un dial obtenido en el laboratorio.
- La penetración aplicada estuvo controlada por un control que estuvo apoyado en el pistón y así como en la muestra.
- Se penetro el pistón aplicando una carga adecuada con una velocidad uniforme de 0.05 pulg. por minuto.
- Por último, se desmonto el molde y se tomó de la parte superior donde se hizo la penetración de la muestra para fijar su humedad.



Figura 8. Foto de las probetas del ensayo CBR.
Fuente: Elaboración propia.

Paso 5: Análisis e interpretación de los resultados

- Se interpretó los efectos que fueron generados en el laboratorio de suelos, la información recogida fue a través de las fichas de resultados de cada ensayo, de acuerdo a las consultas respectivas a los profesionales que intervinieron para la ejecución del presente estudio, todo esto se ejecutó con las medidas instituidas según el MTC.

Paso 6: Discusión de los resultados

- Se confrontó con los parámetros establecidos por el MTC (2013)
- Se confrontó con los parámetros de resistencia de un agregado natural.
- Se realizaron recomendaciones de acuerdo a factores y parámetros establecidos para la estabilización de suelos.

3.6. Métodos de análisis de datos

La recopilación de datos fue ejecutada acorde a la observación directa, a través del cual se pudo visualizar a detalle los ensayos de las pruebas realizadas en el laboratorio de suelos, de esta manera se recogió los datos obtenidos para ser analizados y contrastarlos con las hipótesis que se establecieron en esta investigación. Los resultados logrados a través de una serie de escalas de medición, investigaciones entre otros grupos de factores, se deben analizar para poder ser contrastados con las interrogantes de la investigación y de esta manera se aprobó las hipótesis planteadas, este análisis de datos tuvo dos enfoques principales el primero es que deseamos hacer con los resultados, el segundo la problemática trazada y las hipótesis⁴³.

3.7. Aspectos éticos

“Conducida éticamente, la investigación es una confianza pública. Entonces, los investigadores deben entender completamente Las teorías y políticas diseñadas para garantizar prácticas de investigación respetuosas. Eso se vuelve importante para el investigador saber qué constituye una investigación ética. Con un conocimiento actualizado, los investigadores deben desarrollar una forma con lo básico Principios éticos que garantizan la seguridad de los participantes del estudio” [44]. Las convicciones con las que contamos como alumnos profesionales de ingeniería civil, con la terminación de promover el mejoramiento de la infraestructura vial al nivel subrasante, nos impulsó a demostrar completa honestidad, respetando los aportes de otros investigadores.

IV. RESULTADOS

Tema proyectado

La presente investigación consistió en evaluar la Influencia de las Cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en el Distrito de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión, departamento de La Libertad.



Figura 9. Mapa de la ubicación de la Vía de Circunvalación.

Fuente: Google Earth.

Ubicación política del lugar de estudio:

Departamento: La Libertad.

Provincia: Sánchez Carrión.

Distrito: Huamachuco.

Trabajo de laboratorio

se ejecutaron 4 calicatas en la Vía de Circunvalación y se realizaron en un Laboratorio determinado y especializado en mecánica de suelos, se practicaron los ensayos de Granulometría, Límites de Atterberg, Próctor Modificado y de CBR, para determinar la clasificación y resistencia de suelos.

Para realizar los ensayos mencionados tanto en su estado natural y en mezclas de suelo y cenizas de carbón mineral con proporciones de 24%,28%, y 32%. se utilizaron los suelos de las calicatas C1-M1 y C2-M1 siendo estas las únicas que cumple con ser suelo arcilloso, obteniendo los resultados:

Análisis Granulométrico (MTC E 107 – 2016)

El ensayo de granulometría por tamizado nos permitió conocer los tamaños de partículas del suelo pasadas por cada malla estandarizada por el ASTM, se realizó el cuarteo de la muestra de cada calicata y posteriormente se determinó el porcentaje de material fue retenido por cada tamiz.

Tabla 3. Tamizado de la muestra de la calicata C1-M1.

Malla		Peso (g)	% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado
Nº	Abertura (mm)				
3 "	76.200	0	100.0	0.0	0.0
2 "	50.800	0	100.0	0.0	0.0
1 1/2 "	38.100	0	100.0	0.0	0.0
1 "	25.400	0	100.0	0.0	0.0
3/4"	19.100	0	100.0	0.0	0.0
3/8"	9.520	0	100.0	0.0	0.0
Nº 4	4.760	7	99.2	0.8	0.8
Nº 10	2.000	14.8	97.6	1.6	2.4
Nº 20	0.840	38.9	93.4	4.2	6.6
Nº 40	0.425	68.5	86.0	7.4	14.0
Nº 60	0.250	49.0	80.7	5.3	19.3
Nº 140	0.106	64.8	73.7	7.0	26.3
Nº 200	0.075	13.9	72.2	1.5	27.8
< 200	MTC E 137	667.8	0.0	72.2	100.0

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 4. Tamizado de la muestra de la calicata C2-M1.

Malla		Peso (g)	% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado
Nº	Abertura (mm)				
3 "	76.200	0	100.0	0.0	0.0
2 "	50.800	0	100.0	0.0	0.0
1 1/2 "	38.100	0	100.0	0.0	0.0
1 "	25.400	0	100.0	0.0	0.0
3/4"	19.100	0	100.0	0.0	0.0
3/8"	9.520	0	100.0	0.0	0.0
Nº 4	4.760	6	99.1	0.9	0.9
Nº 10	2.000	25.0	95.1	4.0	4.9
Nº 20	0.840	30.2	90.2	4.9	9.8
Nº 40	0.425	32.2	85.0	5.2	15.0
Nº 60	0.250	35.0	79.4	5.6	20.6
Nº 140	0.106	65.0	68.9	10.5	31.1
Nº 200	0.075	15.0	66.4	2.4	33.5
< 200	MTC E 137	412.6	0.0	66.4	100.0

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la tabla 3 y 4 se representa la granulometría realizada a la calicata C1-M1, en la cual, se observa que la cantidad de 72.2 % de partículas pasaron por el tamiz N° 200 y en la calicata C2-M2 el material que pasa por el tamiz N° 200 es de 66.4 %, esto nos indica que el material pasante es mayor al 50 % (> 50%) por lo tanto, se caracteriza como suelo fino y arcilloso, cumpliendo con los requerimientos estandarizados en la norma ASTM 422 – MTC 107.

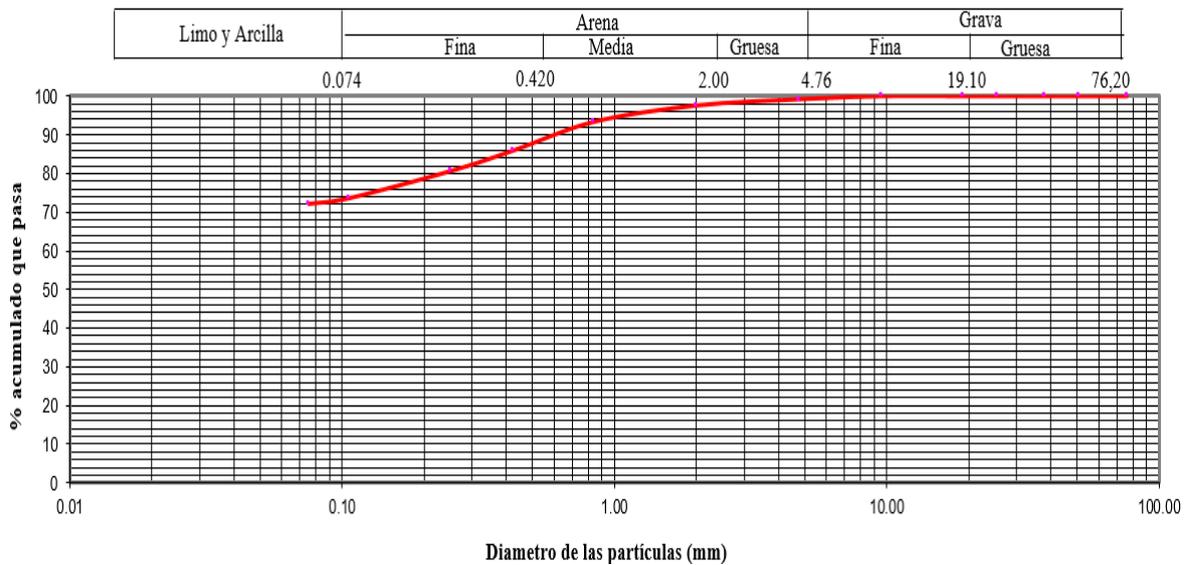


Figura 10. Curva granulométrica de la calicata C1-M1.
Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

De acuerdo a la figura 10, se observa que los tamices con aberturas de 76.20mm y 19.10mm dejaron pasar el 100% de partículas, la abertura de 4.76mm deja pasar un 99.20%, asimismo desde este punto se inicia la curvatura, por abertura de 2.00mm pasa es del 97.6 % de partículas, en la abertura de 0.420mm pasa un 86.00% de partículas y con la abertura 0.074mm el porcentaje de partículas que pasa es del 72.20%.

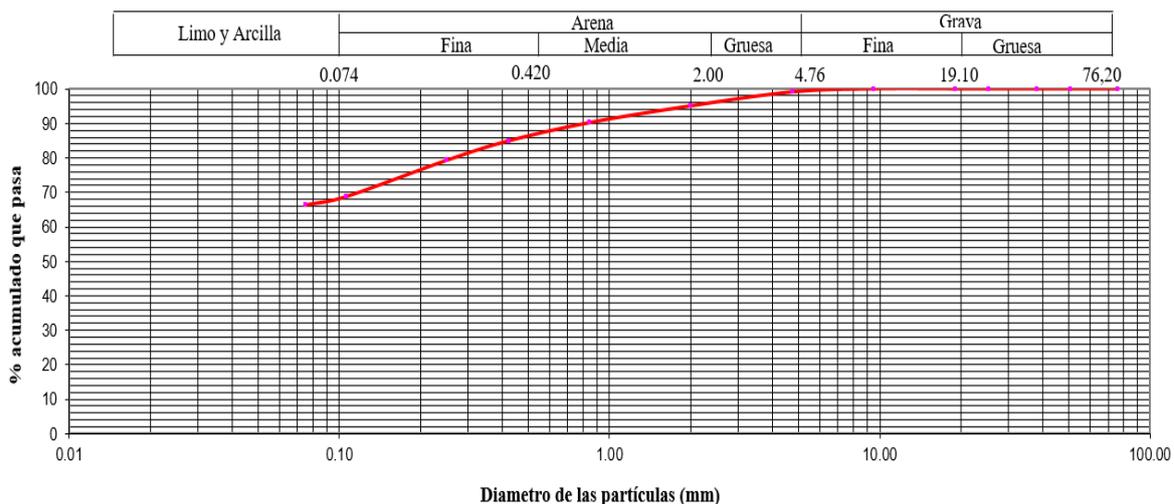


Figura 11. Curva granulométrica de la calicata C2-M1.
Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

De acuerdo a la figura 11, se observa que los tamices con aberturas de 76.20mm y 19.10mm dejaron pasar el 100% de partículas, la abertura de 4.76mm deja pasar un 99.10%, asimismo desde este punto se inicia la curvatura, por abertura de 2.00mm pasa es del 95.10% de partículas, en la abertura de 0.420mm pasa un 85.00% de partículas y con la abertura 0.074mm el porcentaje de partículas que pasa es del 66,4%.

Tabla 5. Resultado de clasificación SUCS, AASHTO y contenido de humedad de C1-M1 y C2-M1.

Muestras	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Contenido de Humedad
C1 - M1	CL	A-4 (6)	8.6%
C2 - M1	CL	A-4 (4)	8.3%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Con respecto al análisis de suelos según (S.U.C.S.) ASTM-D2487, para la muestra C1-M1 nos brindó una clasificación S.U.C.S de un **(CL)** LA cual corresponde a un material arcilloso inorgánico de baja plasticidad con presencia de arena y en el sistema AASTHO es un suelo **A-4 (6)** y un suelo **A-4(4)** para la calicata C2-M1 cumpliendo con el requerimiento de ASHTO donde indica que la muestra que debe pasar por el tamiz N° 200 sea mayor al 35% para ser un suelo fino.

Límites de Atterberg (MTC E 110 & E 111 – 2016)

Se realizaron los ensayos de Límites de Atterberg (ASTM D4318, MTC E 111 - 2016) a las muestras C1-M1 y C2-M2, sin la adición de carbón mineral en cenizas, para poder obtener el Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de plasticidad, los resultados conseguidos permitieron realizar la clasificación del suelo, así mismo conocer sus características físicas y mecánicas.

Tabla 6. Resultados del ensayo de Límites de Atterberg de las calicatas C1-M1 y C2-M1.

Muestras	Límites de Atterberg		
	Limite liquido %	Limite Plástico %	Índice de Plasticidad %
C1 - M1	30	20	10
C2-M2	29	20	9

Fuente: Elaboración propia, 2020.

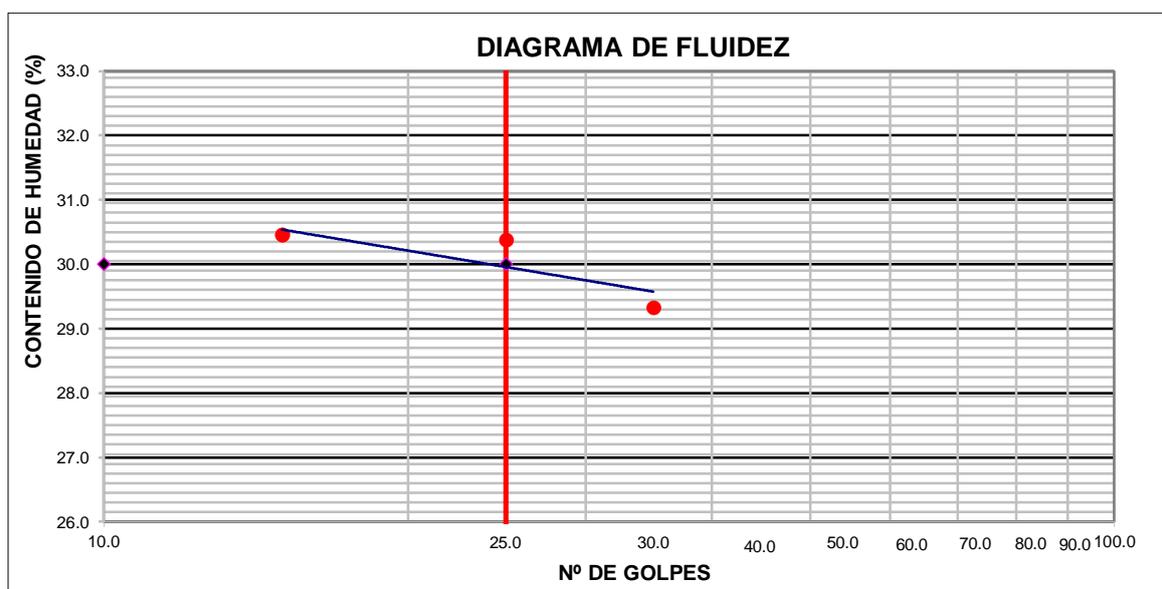


Figura 12. Diagrama de fluidez de la calicata C1-M1.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la figura 12 visualizamos los resultados de los límites de Atterberg, el resultado de la muestra ensayada indica que el Limite liquido de la muestra en la calicata C1-M1 es de 30%, el limite plasticidad es del 20% por lo tanto se dio como resultado que el índice de plasticidad indica un 10%, se concluyó que la muestra clasifica como suelo arcilloso con plasticidad media según la norma MTC E 114 donde indica que según la clasificación para un suelo arcilloso se encuentra en el rango de $IP \leq 20$ a $IP > 7$.

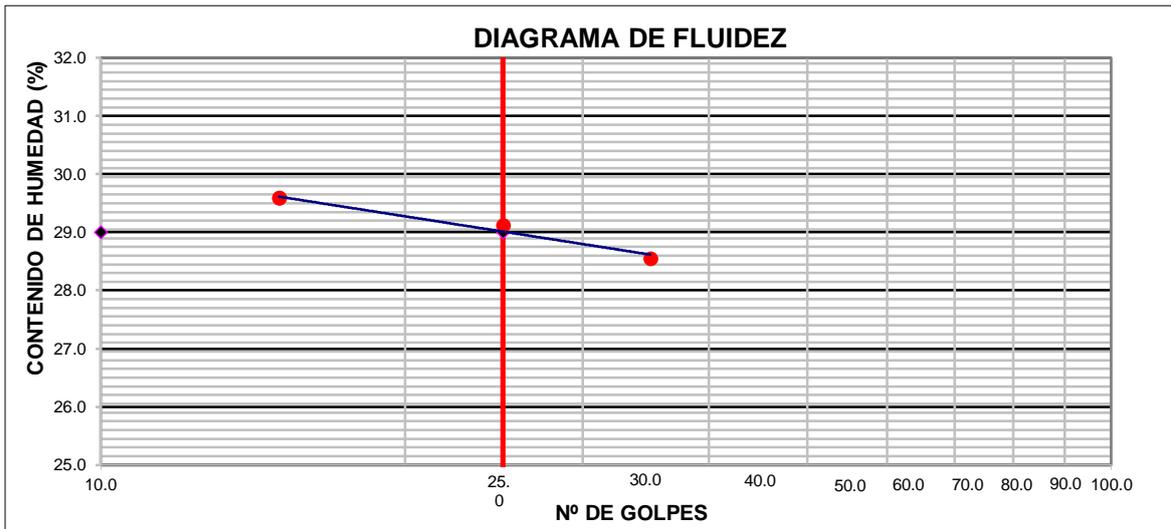


Figura 13. Diagrama de fluidez de la calicata C2-M1.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la figura 13, se visualiza los resultados de los límites de Atterberg, con el cual se determinó que el límite líquido de la muestra en la calicata C2-M1 es de 29%, el límite plástico es del 20% por lo tanto la diferencia de ambos ensayos dio como resultado que el índice de plasticidad de 9%. Concluyendo que es un suelo arcilloso de plasticidad media.

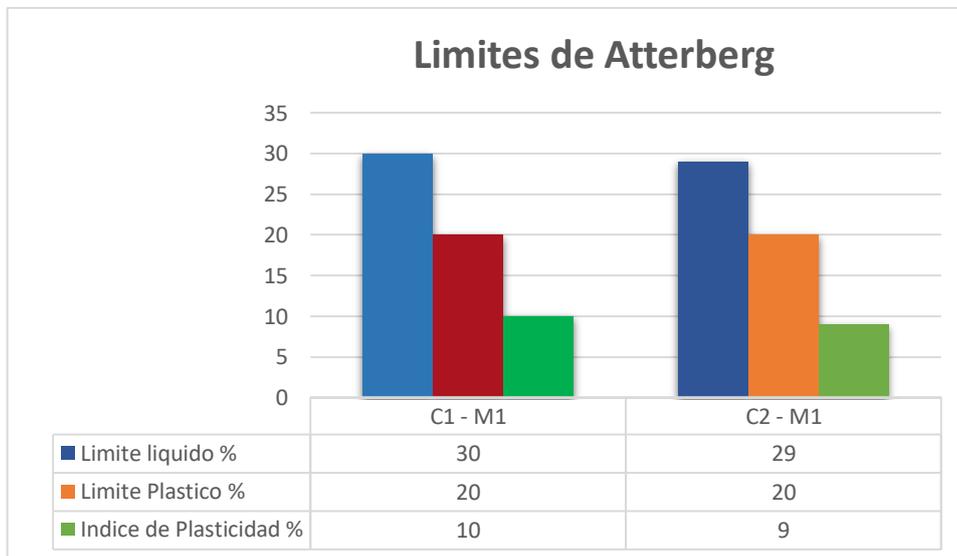


Figura 14. Comparación de Límites de Atterberg.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la figura 14 se presenta los datos obtenidos de los Límites de Atterberg donde se indica que la calicata C1-M1 tiene el porcentaje de índice de plasticidad más desfavorable siendo su Límite líquido de 30%, Límite Plástico 20% e Índice de Plasticidad 10%, con la cual se realizaron todos los ensayos propuestos.

Tabla 7: Limite Liquido y Limite Plástico de la calicata C1-M1+24%, 28% y 32% de cenizas de carbón mineral.

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: C1-M1	CENIZA :	24.0%
PROF (m)	: 0.00-0.150		

LÍMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2016)			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO			
TARRO + SUELO SECO		N.P.	
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
Nº DE GOLPES			

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO			
TARRO + SUELO SECO		N.P.	
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	N.P.

OBSERVACIONES
La muestra fue proporcionada por el solicitante. Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40. Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

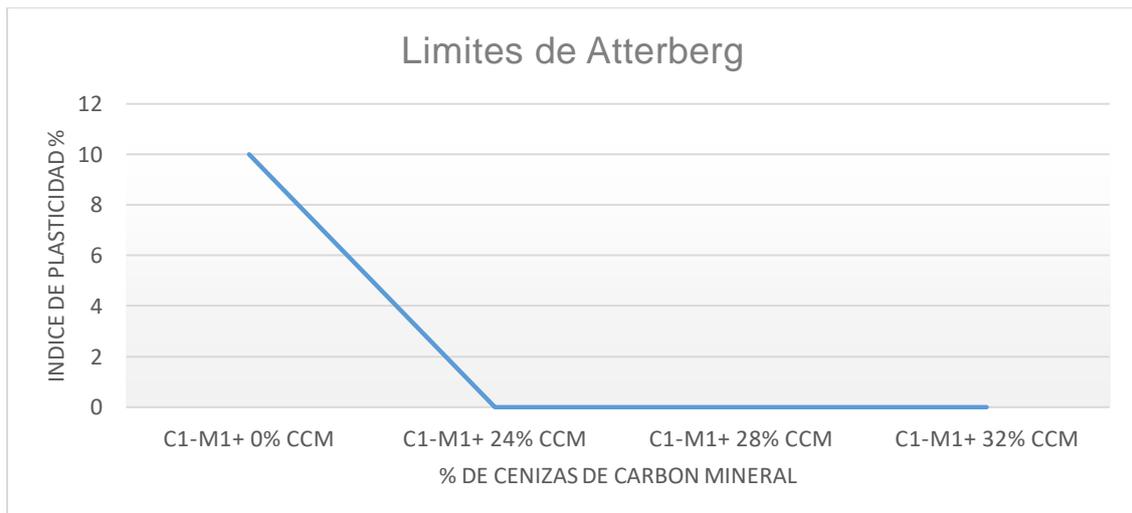


Figura 15. comparación de resultado de Limite de Atterberg de la muestra C1-M1 con la incorporación de 24%, 28% y 32% Cenizas de Carbón Mineral.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la tabla 7 y figuras 15, se visualiza que la muestra patrón C1-M1 tiene un IP de 10%, se demostró que al adicionar del 24%, 28% y 32% de Carbón mineral en cenizas en la muestra patrón disminuyó favorablemente a 0 % su IP de la muestra patrón que fue obtenida en campo, donde predominan suelos arcillosos.

Proctor modificado ASTM D 1557- MTC E 115-2016

El ensayo del Proctor Modificado se realizó por el método “C”, mediante el cual se determinó el contenido de humedad con relación a su densidad seca para determinar la curva de compactación, de las calicatas C1-M1 en estado natural.

Tabla 8. Resultados del ensayo proctor modificado de la calicata C1-M1.

C1-M1	PROCTOR MODIFICADO				
Contenido de agua	%	6.39	8.67	10.89	12.92
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.922	1.974	2.005	1.947
Densidad máxima (gr/cm ³)					2.006
Humedad óptima (%)					10.8

Fuente: Elaboración propia, 2020.

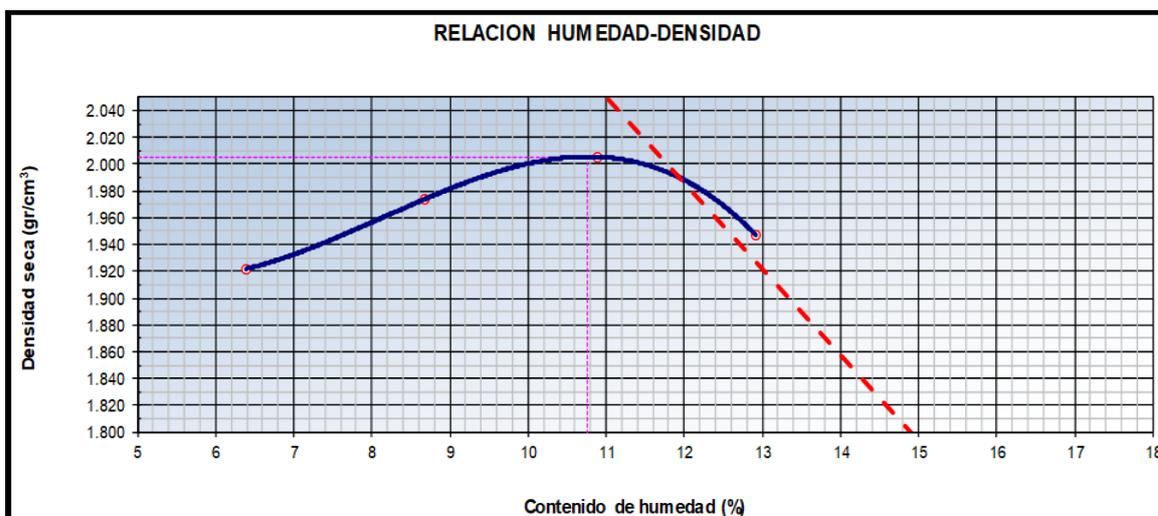


Figura 16. Proctor modificado, calicata C1-M1.

Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

En relación a la tabla 8 y figura 16 se presentan los datos obtenidos del Proctor Modificado, ejecutado a la muestra de la calicata C1- M1 en estado natural, el cual nos brinda un óptimo contenido de humedad de 10.8 % en relación a su densidad máxima seca que es de 2.006 grs/cm³.

Tabla 9. Resultados del ensayo Proctor modificado de la calicata C1-M1+24% de cenizas de carbón mineral.

C1-M1+ 24% CCM	PROCTOR MODIFICADO				
Contenido de agua	%	10.70	12.43	14.73	16.82
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.776	1.802	1.829	1.769
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.829
Humedad óptima (%)					14.6

Fuente: Elaboración propia, 2020.

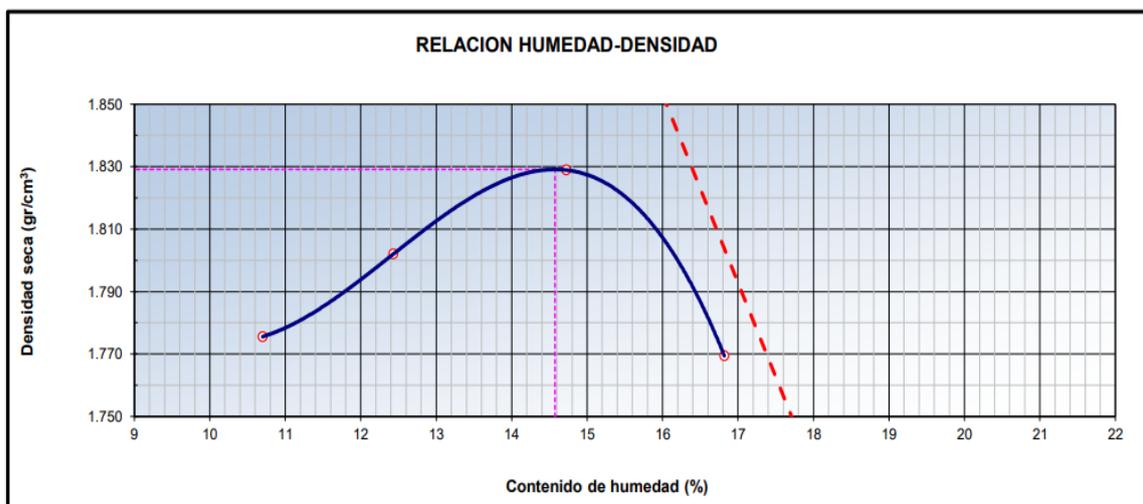


Figura 17. Proctor modificado, calicata C1-M1+24% de cenizas de carbón mineral.

Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

En la tabla 9 y figura 17 se detallan los datos obtenidos del estudio de Proctor Modificado ejecutados a la muestra C1- M1+24% de la cual se obtuvo un óptimo contenido de humedad de un 14.6 % en relación a su densidad máxima seca de 1.829 gr/cm³.

Tabla 10. Resultados del ensayo Proctor modificado de la calicata C1-M1+28% de cenizas de carbón mineral.

C1-M1+ 28% CCM	PROCTOR MODIFICADO				
Contenido de agua	%	11.77	13.28	15.52	17.23
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.755	1.774	1.806	1.762
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.806
Humedad óptima (%)					15.5

Fuente: Elaboración propia, 2020.

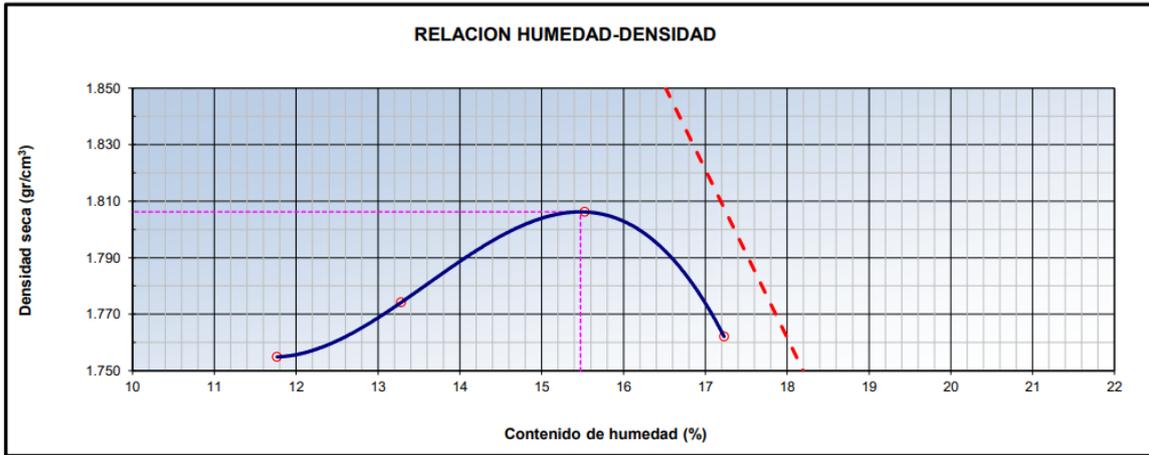


Figura 18. Proctor modificado, calicata C1-M1+28% de cenizas de carbón mineral. Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

La tabla 10 y figura 18, nos muestra los resultados obtenidos a través del Proctor Modificado, realizados a la muestra C1- M1+28% de cenizas de carbón mineral donde se adquirió un óptimo contenido de humedad de 15.5 % en relación a su densidad máxima seca de 1.806 gr/cm³.

Tabla 11. Resultados del ensayo proctor modificado de la calicata C1-M1+32% de cenizas de carbón mineral

C1-M1+ 32% CCM	PROCTOR MODIFICADO				
Contenido de agua	%	9.73	11.86	13.73	15.53
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.726	1.757	1.789	1.705
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.789
Humedad óptima (%)					13.6

Fuente: Elaboración propia, 2020.

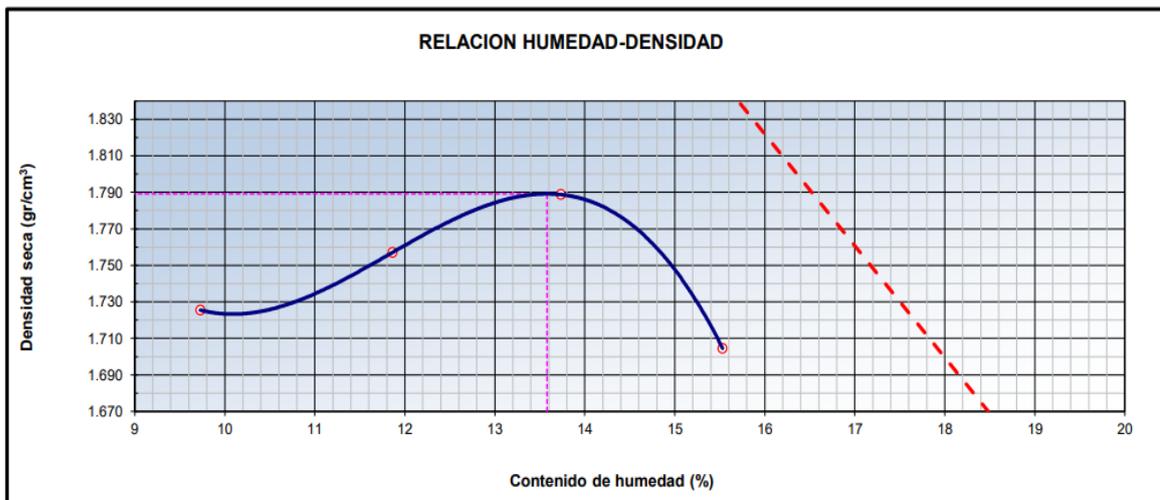


Figura 19. Proctor modificado, calicata C1-M1+32% de cenizas de carbón mineral. Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

En la tabla 11 y figura 19 se presentan los datos obtenidos a través del Proctor Modificado realizados a la muestra C1- M1+32% de cenizas de carbón mineral, obteniendo un óptimo contenido de humedad de 13.6 % en relación a su densidad máxima seca que es de 1.789 gr/cm³.

Tabla 12. comparación de resultado de Proctor Modificado de la muestra C1-M1 + 24%, 28% y 32% Cenizas de Carbón Mineral.

MUESTRA	Óptimo Contenido de Humedad %(OCH)	Máximo densidad seca g/cm ³ (MDS)
C1-M1	10.8	2.006
C1-M1+ 24% CCM	14.6	1.829
C1-M1+ 28% CCM	15.5	1.806
C1-M1+ 32% CCM	13.6	1.789

Fuente: Elaboración propia, 2020.

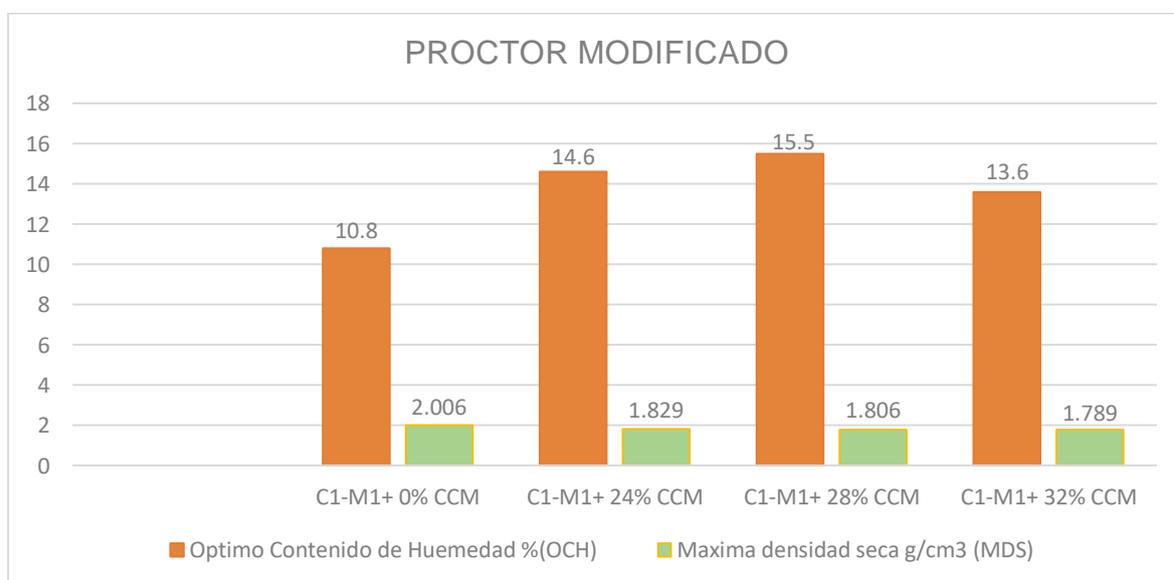


Figura 20. comparación de resultado de Proctor Modificado de la muestra C1-M1 + 24%, 28% y 32% Cenizas de Carbón Mineral.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la tabla 12 y figura 20 se observa los datos obtenidos del ensayo de Proctor Modificado de la muestra C1-M1 en estado natural, se determinó que la densidad máxima seca para dicha muestra es de 2.006 k/cm³ en relación a su optima contenido de humedad de 10.8 %, asimismo se observa que la C1-M1 + el 24 % de Cenizas de carbón mineral obtuvo una densidad máxima seca de 1.829 k/cm³, con respecto a su contenido de humedad óptima de 14.6 %, con la dosificación del 28 % de adición de Cenizas de carbón mineral se obtuvo una densidad máxima seca

de 1.806 k/cm³, con respecto a su óptimo contenido de humedad de 15.5 % y en la dosificación del 32 % de adición de Cenizas de carbón mineral, se determinó un valor de una densidad máxima seca de 1.789 k/cm³ en correlación a su óptimo contenido de humedad de 13.6 %. En estos tipos de suelos, el contenido de humedad óptima aumenta y la máxima densidad seca se reduce, con la adición de diferentes porcentajes de cenizas de carbón mineral.

California Baring Ratio (CBR) ASTM D 1883

Se realizaron los ensayos de CBR a la muestra de las calicatas C1-M1 en estado natural así determinar su capacidad portante patrón, se preparó la muestra con el óptimo contenido de humedad resultante en los ensayos de proctor modificado. La muestra fue compactada en 05 capas y en 03 moldes CBR, se sumergió en un tanque de agua durante 4 días luego se determinó la resistencia a la penetración.

Tabla 13. Resultados del ensayo CBR de la calicata C1-M1.

PENETRACION mm	CARGA STAND. Kg/cm ²	MOLDE N° 12		MOLDE N° 13		MOLDE N° 14	
		Presión	CARGA	Presión	CARGA	Presión	CARGA
		kg/cm ²	kg	kg/cm ²	kg	kg/cm ²	kg
0.000			0		0		0
0.635		1.8	35.0	1.5	29.2	1.3	24.3
1.270		4.4	85.0	3.6	70.8	3.0	59.0
1.905		5.4	105.3	4.5	87.8	3.8	73.2
2.540	70.45	7.5	145.3	6.2	121.1	5.2	100.9
3.180		9.0	175.3	7.5	146.1	6.3	121.8
3.810		10.8	210.3	9.0	175.3	7.5	146.1
5.080	105.68	14.2	275.3	11.8	229.4	9.8	191.2
7.620		16.5	320.0	13.7	266.7	11.4	222.3
10.160							
12.700							

Fuente: Elaboración propia, 2020.

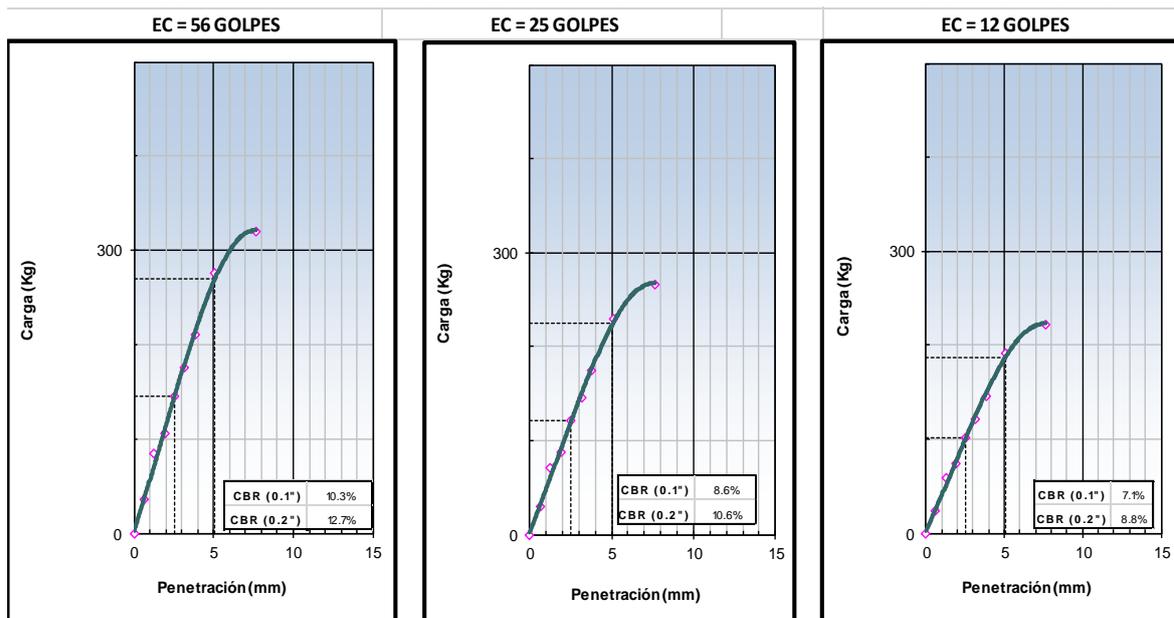
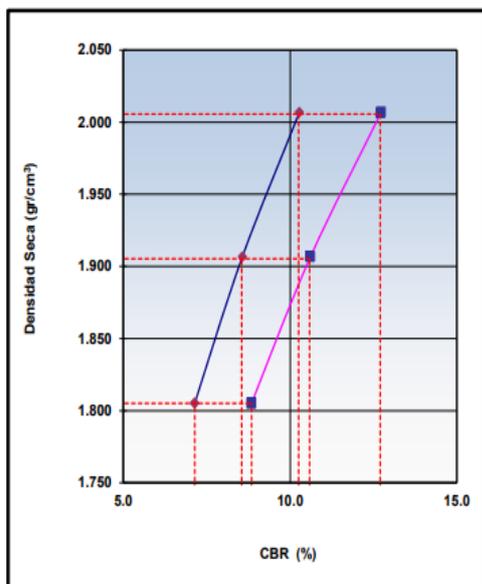


Figura 21. Ensayo CBR, calicata C1-M1.

Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

En la figura 21, muestra los datos obtenidos de los tres especímenes ensayados la cual forman la curva de carga ejercida en relación a la dimensión de penetración, en el espécimen N° 01 se observa como resultado una carga ejercida de 275.3kg con un porcentaje de 12.7% a 0.2" de penetración, una carga de 145.3kg con un porcentaje de 10.3% a 0.1" de penetración, en el espécimen N° 02 se observa como resultado una carga ejercida de 229.4kg con un porcentaje de 10.6% para a una penetración de 0.2", una carga de 121.1kg con un porcentaje de 8.6% a 0.1" de penetración, en el espécimen N° 03 se observa como resultado una carga ejercida de 191.2kg con un porcentaje de 8.8% para 0.2"de y una carga de 100.9kg con un porcentaje de 7.1% a una penetración de 0.1".



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.006
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.8
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.905

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 10.3	0.2": 12.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 8.5	0.2": 10.6

RESULTADOS (0.2"):

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 12.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 10.6 (%)

RESULTADOS (0.1"):

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 10.3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 8.5 (%)

Figura 22. Ensayo CBR, de la calicata C1-M1.
 Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

En la figura 22, muestra la curva gráfica en relación del CBR vs densidad seca, para el CBR al 100% la densidad máxima seca es de 2.006 g/cm³, el CBR es de 10.3% y 8.5% a una penetración de 0.1", así mismo, para el CBR al 95% la densidad máxima seca es 1.905g/cm³, el CBR es de 12.7% y 10.6% para una penetración de 0.2".

Tabla 14. Ensayo de CBR de la muestra C1-M1+24% de Cenizas de Carbón Mineral.

PENETRACION mm	CARGA STAND. Kg/cm2	MOLDE N° 66		MOLDE N° 49		MOLDE N° 52	
		Presión kg/cm2	CARGA kg	Presión kg/cm2	CARGA kg	Presión kg/cm2	CARGA kg
0.000			0		0		0
0.635		6.2	120.3	5.2	100.3	4.3	83.6
1.270		10.8	210.6	9.0	175.5	7.5	146.3
1.905		19.6	380.2	16.3	316.8	13.6	264.0
2.540	70.45	26.8	520.1	22.3	433.4	18.6	361.2
3.180		38.3	745.3	32.0	621.1	26.6	517.6
3.810		48.9	950.0	40.7	791.7	33.9	659.8
5.080	105.68	62.3	1210.6	51.9	1008.8	43.2	840.7
7.620		66.9	1301.0	55.8	1084.2	46.5	903.5
10.160							
12.700							

Fuente: Elaboración propia, 2020.

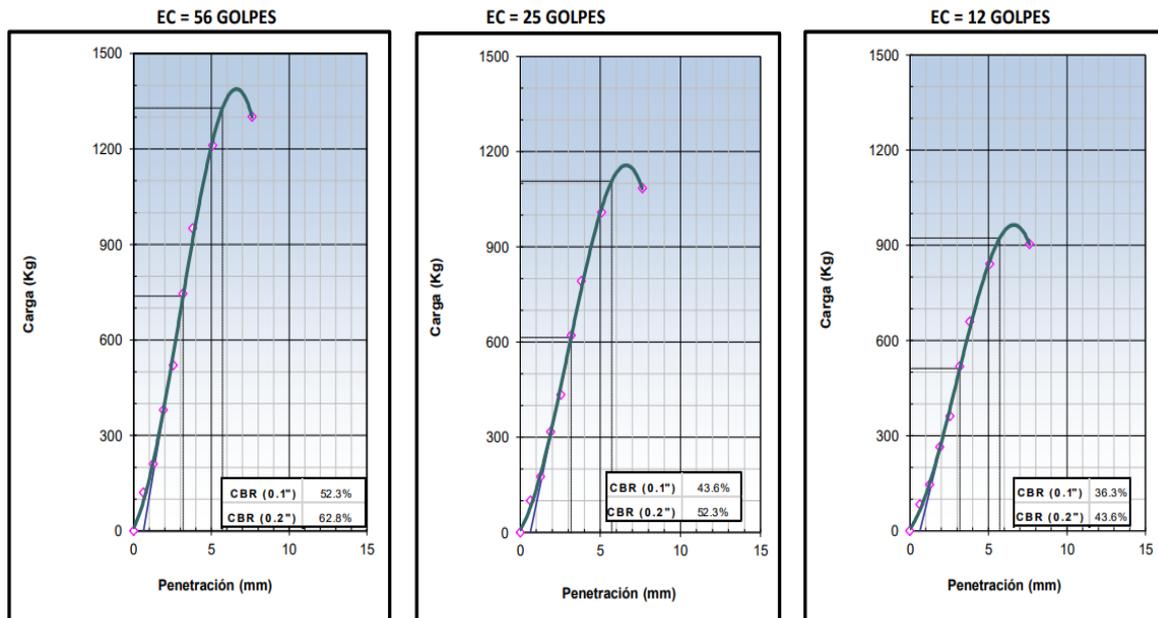
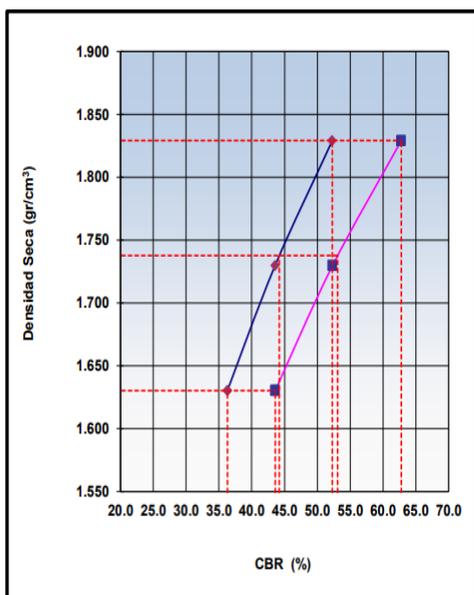


Figura 23. Ensayo CBR, de la muestra C1-M1+24% Cenizas de Carbón Mineral. Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

De la tabla 14 y figura 23 se observa los resultados de los tres especímenes ensayados a la calicata C1-M1 con la incorporación de 24 % de Cenizas de Carbón Mineral, ensayados la cual forman la curva de carga ejercida en relación a la dimensión de penetración, en el espécimen N° 01 se observa como resultado una carga ejercida de 1210.6 kg con un porcentaje de 62.8% a 0.2” de penetración, una carga de 520.1 kg con un porcentaje de 69.9% a 0.1” penetración , en la espécimen N° 02 se observa como resultado una carga ejercida de 1008.8 kg con un porcentaje de 52.3 % a 0.2” de penetración, una carga de 433.4 kg con un porcentaje de 43.6% a 0.1” de penetración, en la espécimen N° 03 se observa como resultado una carga ejercida de 840.7 kg con un porcentaje de 43.6% a 0.2” de penetración y una carga de 361.2 kg con un porcentaje de 36.3% a 0.1” de penetración.



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.829
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.6
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.738

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 52.3	0.2": 62.8
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 44.2	0.2": 53.1

RESULTADOS (0.2"):

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 62.8 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 53.1 (%)

RESULTADOS (0.1"):

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 52.3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 44.2 (%)

Figura 24. Ensayo de CBR de muestra C1-M1 + 24% Cenizas de Carbón Mineral. Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

En la figura 24 se muestra la curva gráfica de la relación del CBR vs densidad seca, con adición de 24% de cenizas de carbón mineral, para el CBR al 100% la densidad máxima seca es 1.829 g/cm³, el CBR es de 52.3% y 44.2% a una penetración de 0.1", así mismo, para el CBR al 95% la densidad máxima seca es de 1.738g/cm³, el CBR es de 62.8% y 53.1% para una penetración de 0.2".

Tabla 15. Ensayo de CBR de la muestra C1-M1 + 28% Cenizas de Carbón Mineral.

PENETRACION mm	CARGA STAND. Kg/cm2	MOLDE N° 38		MOLDE N° 13		MOLDE N° 40	
		Presión (kg/cm2)	CARGA kg	Presión (kg/cm2)	CARGA kg	Presión (kg/cm2)	CARGA kg
0.000			0		0		0
0.635		5.7	110.2	4.7	91.8	3.9	76.5
1.270		24.2	470.2	20.2	391.8	16.8	326.5
1.905		42.8	832.4	35.7	693.7	29.7	578.1
2.540	70.45	59.0	1146.2	49.1	955.2	40.9	796.0
3.180		74.4	1447.2	62.0	1206.0	51.7	1005.0
3.810		75.1	1460.0	62.6	1216.7	52.2	1013.9
5.080	105.68	82.6	1605.0	68.8	1337.5	57.3	1114.6
7.620		94.2	1832.0	78.5	1526.7	65.5	1272.3
10.160							
12.700							

Fuente: Elaboración propia, 2020.

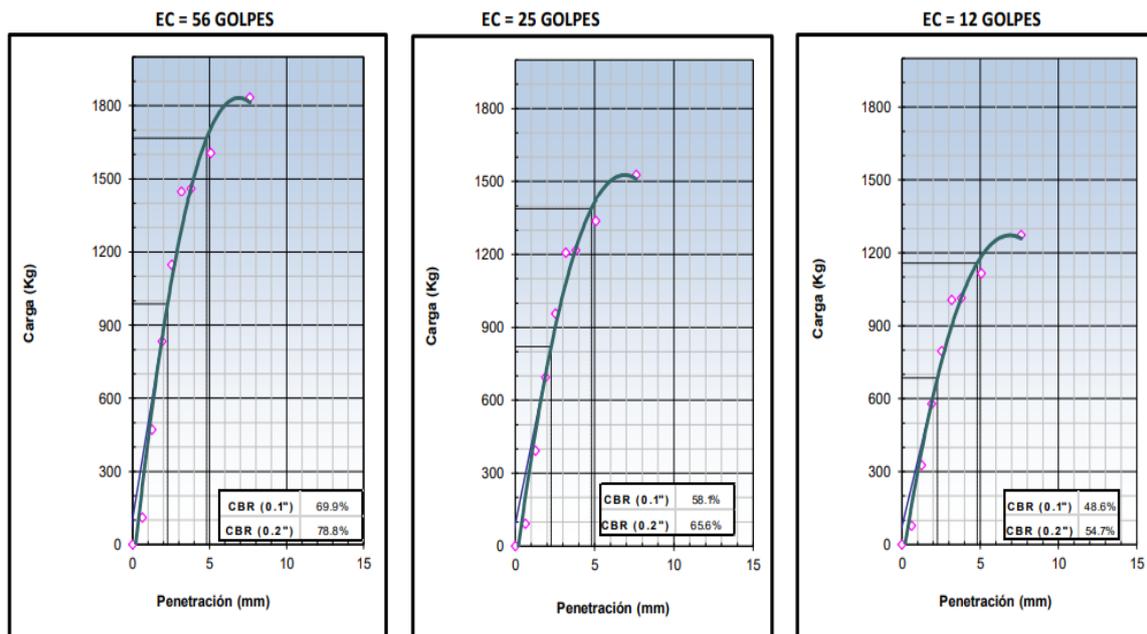
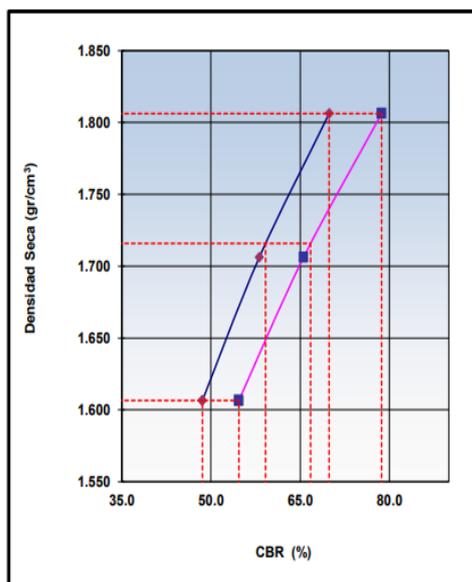


Figura 25. Ensayo CBR, de la muestra C1-M1 + 28% Cenizas de Carbón Mineral. Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

De la tabla 15 y figura 25 se observa los resultados en las tres especímenes de los ensayos a la muestra C1-M1 con adición de 28 % de Cenizas de Carbón Mineral, donde se forman la curva de carga ejercida en relación a la dimensión de penetración, en el espécimen N° 01 se observa como resultado una carga ejercida de 1605.0 kg con un porcentaje de 78.8% a 0.2" de penetración, una carga de 1146.2 kg con un porcentaje de 69.9% para una penetración de 0.1", en el espécimen N° 02 se observa como resultado una carga ejercida de 1337.5 kg con un porcentaje de 56.6 % con una penetración de 0.2", una carga de 955.2 kg con un porcentaje de 58.1% con una penetración de 0.1", en el espécimen N° 03 se observa como resultado una carga ejercida de 1114.6 kg con un porcentaje de 54.7% con una penetración de 0.2" y una carga de 796.0 kg con un porcentaje de 48.6% a 0.1" de penetración.



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.806
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.5
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.716

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 69.9	0.2": 78.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 59.2	0.2": 66.8

RESULTADOS (0.2"):

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 78.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 66.8 (%)

RESULTADOS (0.1"):

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 69.9 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 59.2 (%)

Figura 26. Ensayo de CBR de muestra C1-M1 + 28% Cenizas de Carbón Mineral. Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

La figura 26, muestra la curva gráfica en relación del CBR vs densidad seca, con adición de 28% de cenizas de carbón mineral, para el CBR al 100% la densidad máxima seca es 1.806 g/cm³, el CBR es de 69.9% y 59.2% a una penetración de 0.1", así mismo, para el CBR al 95% la densidad máxima seca es de 1.716 g/cm³, el CBR es de 78.7% y 66.8% para una penetración de 0.2".

Tabla 16. Ensayo de CBR de la muestra C1-M1 +32% Cenizas de Carbón mineral

PENETRACION mm	CARGA STAND. Kg/cm2	MOLDE N° 17		MOLDE N° 50		MOLDE N° 54	
		Presión kg/cm2	CARGA kg	Presión kg/cm2	CARGA kg	Presión kg/cm2	CARGA kg
0.000			0		0		0
0.635		6.7	130.0	5.6	108.3	4.6	90.3
1.270		16.2	315.6	13.5	263.0	11.3	219.2
1.905		32.2	625.3	26.8	521.1	22.3	434.3
2.540	70.45	43.8	851.2	36.5	709.3	30.4	591.1
3.180		54.1	1051.3	45.1	876.1	37.6	730.1
3.810		65.3	1270.0	54.4	1058.3	45.4	881.9
5.080	105.68	68.7	1335.0	57.2	1112.5	47.7	927.1
7.620		76.2	1481.0	63.5	1234.2	52.9	1028.5
10.160							
12.700							

Fuente: Elaboración propia, 2020.

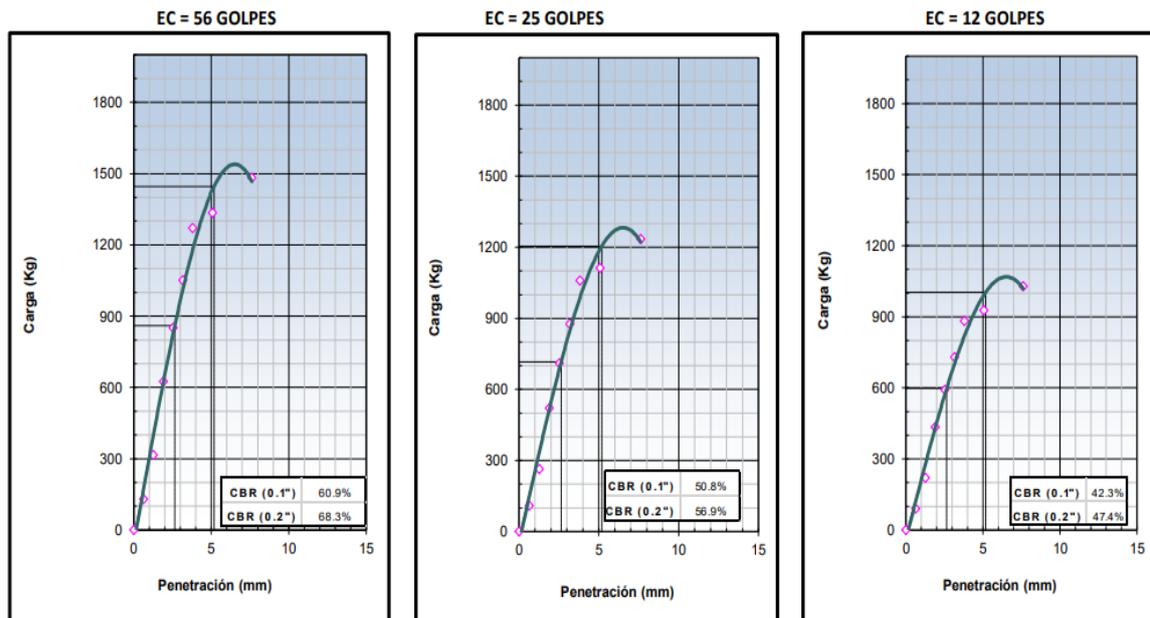
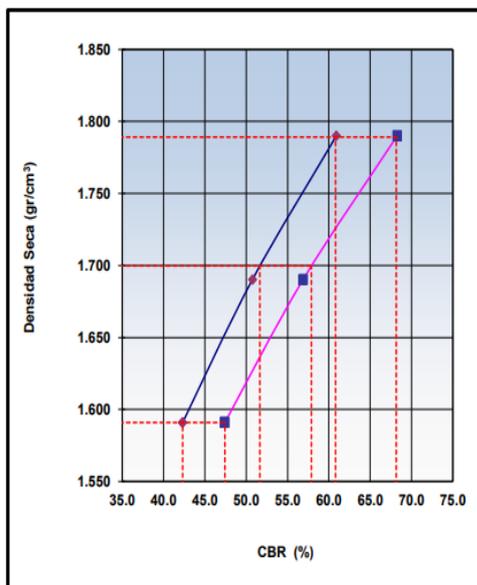


Figura 27. Ensayo CBR, de la muestra C1-M1 + 32% Cenizas de Carbón Mineral. Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

De la tabla 16 y figura 27 se observa los resultados de los ensayos a la calicata C1-M1 con la incorporación de 32 % de Cenizas de Carbón Mineral, donde se forman la curva de carga ejercida en relación a la dimensión de penetración, en el espécimen N° 01 se observa como resultado una carga ejercida de 1335.0 kg con un porcentaje de 68.3% a una penetración de 0.2", una carga de 851.2 kg con un porcentaje de 60.9% para una penetración de 0.1", en el espécimen N° 02 se observa como resultado una carga ejercida de 1112.5 kg con un porcentaje de 56.9% a una penetración de 0.2", una carga de 709.3 kg con un porcentaje de 50.8% para a una penetración de 0.1", en el espécimen N° 03 se observa como resultado una carga ejercida de 927.1 kg con un porcentaje de 47.4% a 0.2" de penetración y una carga de 591.1 kg con un porcentaje de 42.3 % para a una penetración de 0.1".



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.789
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13.6
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.700

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 60.8	0.2": 68.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 51.6	0.2": 57.9

RESULTADOS (0.2"):

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 68.2 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 57.9 (%)

RESULTADOS (0.1"):

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 60.8 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 51.6 (%)

Figura 28. Ensayo de CBR de muestra C1-M1 +32% Cenizas de Carbón Mineral. Fuente: Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

La figura 28, muestra la curva gráfica en relación del CBR vs densidad seca, con adición de 32% de cenizas de carbón mineral, para el CBR al 100% la máxima densidad seca es de 1.789 g/cm³, el CBR es de 60.8% y 51.6% a una penetración de 0.1", así mismo, para el CBR al 95% la máxima densidad seca es de 1.700 g/cm³, el CBR es 68.2% y 57.9% para una penetración de 0.2".

Tabla 17. Comparación de resultado de CBR de la muestra C1-M1 + 24%, 28% y 32% de Cenizas de Carbón Mineral.

MUESTRA	RESULTADOS a 0.1"	
	CBR al 100 % de la M.D.S.	CBR al 95 % de la M.D.S.
C1-M1+ 0% CCM	10.3	8.5
C1-M1+ 24% CCM	52.3	44.2
C1-M1+ 28% CCM	69.9	59.2
C1-M1+ 32% CCM	60.8	51.6

Fuente: Elaboración propia, 2020.

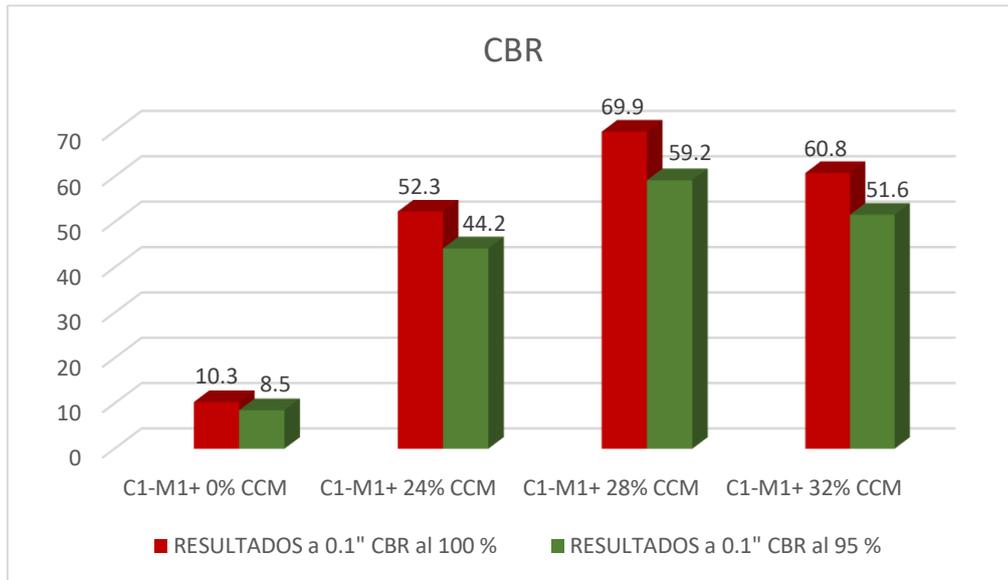


Figura 29. comparación de resultado de CBR de la muestra C1-M1 + 24%, 28% y 32% de Cenizas de Carbón Mineral.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

De la figura 29 se señala los resultados conseguidos en laboratorio analizando las diferentes combinaciones de cenizas de Carbón Mineral se midió la resistencia a una penetración de 0.1" con lectura del 100% y 95%, el porcentaje más óptimo en el CBR se logra al incorporarse el 28 % de cenizas de carbón mineral a la subrasante con valores de 69.9 % y 59.2 %, en comparación al CBR de la muestra patrón que se obtuvo resultados de 10.3% y 8.5 %, con esto se logra tener una subrasante adecuada tal como lo establece el manual de carretas – MTC, donde indica que el $CBR \geq 30 \%$ es igual a una sub rasante muy buena.

V. DISCUSIONES

5.1 Influencia de la ceniza de carbón mineral en los Límites de Atterberg del terreno natural.

RESULTADO. – al adicionar las cenizas de carbón mineral se disminuyó el índice de plasticidad.

Antecedente: Goñas (2019) en su investigación agrego cenizas de carbón proveniente de industrias ladrillera en porcentajes de 15%, 20% y 25% directamente al suelo arcilloso, lo cual obtuvo diferentes variaciones en la disminución del índice de plasticidad, con las cenizas de carbón se obtuvo resultados favorables, con el porcentaje de 25% para la calicata N°01 disminuyó de 24% a 16% el IP y para la calicata N° 02 el IP disminuyó de 18% a 13%.

Hipótesis: La aplicación de las cenizas de carbón mineral, disminuirá el índice de plasticidad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020. Atraves de ensayos de Limite Liquido y Plástico que se realizaron en el laboratorio de suelos se afirma que la adición en porcentajes al terreno arcilloso en estado natural disminuyó el límite líquido, limite plástico y por lo tanto se disminuyó considerablemente el índice de plasticidad con los porcentajes de 24%, 28% y 32%.

Pregunta: ¿Cuánto influye las cenizas de carbón mineral en el índice de plasticidad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020?. Para el presente proyecto de investigación, en base a ensayos de laboratorio el terreno natural fue clasificado como suelo arcilloso con índice de plasticidad de 10%, en la medida que se adicionó las cenizas de carbón mineral en 24%, 28% y 32% todos los porcentajes resultaron positivamente al disminuir el índice de plasticidad resultando que el 24% disminuyó a 0%, el 28% a 0% y de 32% a 0%.

5.2 Influencia de la ceniza de carbón mineral en la disminución del contenido de humedad

RESULTADO. – al adicionar las Ceniza de carbón mineral, aumento el óptimo contenido de humedad y redujo la máxima densidad seca.

Antecedente: Cabrera y Paredes (2018) en su investigación agrego cenizas de carbón mineral en porcentajes de 4%, 8% y 10% directamente al suelo arcilloso, lo cual obtuvieron diferentes variaciones en la disminución del contenido de humedad el porcentaje más favorable fue 8% reduciendo el óptimo contenido de humedad de 18.2% a 11.5% e incrementando la máxima densidad seca de 1.908 g/cm³ a 1.945 g/cm³.

Hipótesis: La aplicación de las cenizas de carbón mineral disminuirá el contenido de humedad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020. Mediante el ensayo de proctor modificado realizados en el laboratorio de suelos se afirma que incorporando las cenizas de carbón mineral al terreno arcilloso en estado natural no fue favorable aumentando el óptimo contenido de humedad y disminuyó la densidad máxima seca, de los porcentajes añadido el que resultó menor humedad fue el 32% no siendo este menor a la muestra patrón.

Pregunta: ¿Cuánto influye las cenizas de carbón mineral en el contenido de humedad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020? Para la investigación, en base a ensayos de laboratorio realizados al terreno natural la muestra fue clasificada como suelo arcilloso con contenido de humedad de 10.8% y Máxima densidad seca 2.006 g/cm³, cuando se adiciono las cenizas de carbón mineral en 24%, 28% y 32% el mejor resultado que se pudo obtener para una mejor compactación fue el 32% al subir el OCH a 13.6% y bajar la MDS a 1.789 g/cm³.

5.3 Influencia de las cenizas de carbón mineral para mejorar la capacidad portante (CBR)

RESULTADO. – con la adición de las Cenizas de carbón mineral, aumento la considerablemente capacidad portante del terreno natural.

Antecedente: Ariza, Rojas y Romero (2016) en su investigación “Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante” sus dos muestras de suelo natural, tuvo como CBR 1.31% y 1.1% y adicionando cenizas volantes en los porcentajes de 30%, 35% y 40% entre los cuales el porcentaje del 35% resulto ser el más favorable, llegando a un 16.9%, nos muestra un aumento que no generaron mejora alguna en el aumento de la capacidad de soporte en los suelos expansivos arcillosos.

Hipótesis: La aplicación de las cenizas de carbón mineral, aumentará la capacidad portante en una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020. Mediante el Ensayo de CBR que se realizó en el laboratorio se afirma que la adición de las cenizas de carbón mineral al terreno arcilloso en estado natural fue favorable aumentando aumentado la capacidad portante, de los porcentajes añadidos el que más favorable fue el 28%, con una lectura al 100% y 95% con respecto a M.D.S. aumentando a 69.9% y a 59.9% en el CBR.

Pregunta: ¿Cuánto influye las cenizas de carbón mineral en el contenido de humedad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020? Para la investigación, en base a ensayos realizados a las muestras fueron clasificadas como arcillas, y adicionando cenizas de carbón mineral en los porcentajes de 24%, 28%,32%, se obtuvieron buenos resultados, siendo el más favorable el 28% aumentando su capacidad de soporte del suelo natural su CBR al 100% fue de 10.3% y aumento a 69.9 al 95% fue 8.5% y aumento a 59.9% en el CBR.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo General, Se evaluó que, la estabilización de la Subrasante a través de la incorporación de las cenizas de carbón mineral, después que se realizó los ensayos propuestos de los Límites de Atterberg, Próctor modificado y CBR, con fines de mejorar una suelo arcilloso de la C1-M1, extraída de la vía de circunvalación distrito de Huamachuco – La Libertad, observando su evaluación en sus propiedades físicas y mecánicas: se obtuvo resultados favorables al disminuir el índice de plasticidad, aumento el contenido de humedad resultando favorable para la disminución de la densidad máxima seca y aumentar la capacidad portante del terreno natural. Entonces se determina que la dicción de los tres porcentajes de 24%, 28%32% de CCM resultaron acertados.

Objetivo Específico 1, De los resultados adquiridos mediante los ensayos de Límites de Atterberg con adición de cenizas de carbón mineral produjeron cambios positivos al disminuir la plasticidad (IP), de igual manera los ensayos que se realizaron a la muestra natural de la calicata C1-M1 nos dio un Limite Liquido 30% y un Limite Plástico 20%, dando el índice de plasticidad de 10%, a dicha muestra se le adiciono los porcentajes de 24%, 28% y 32% los cuales lograron disminuir el índice de plasticidad a un 0% por la adición de porcentajes altos de CCM y tomando en cuenta que el índice de plasticidad del terreno natural es bajo, esto hace acertado el uso de CCM para disminuir favorablemente el IP de un suelo arcilloso a nivel de subrasante.

Objetivo Específico 2, De los resultados desarrollados en el laboratorio con respecto a la calicata C1-M1 en estado natural se obtuvo un Optimo contenido de Humedad de 10.8 % y una Densidad Máxima seca 2.006 g/cm³, al adicionar el 28% de CCM, estas dieron resultado negativo a lo planteado, sin embargo, al realizar el ensayo proctor modificado aumento 1.43 veces su valor siendo el contenido de Humedad 15.5 % y disminuyendo la Densidad Máxima Seca 1.11 veces su valor siendo 1.806 g/cm³, y las muestras más bajas en contenido de humedad fueron los porcentajes de 24% y 32%, obteniendo humedades optimas de 14.6 % y 13.6 % y máximas densidades de 1.829 g/cm³ y 1.789 g/cm³ resultando desfavorables en comparación con la muestra natural, pero también pueden ser utilizadas con fines de mejoramiento de subrasante por mantener rangos adecuados según los ensayos realizados en el contenido de humedad y máxima densidad.

Objetivo Específico 3, De acuerdo a los ensayos que se realizó al suelo de la calicata C1-M1 el porcentaje más óptimo al adicionar de cenizas de carbón mineral es de 28 %, pues con dicha combinación el CBR se llegó a aumentar 6.7 veces su valor a una lectura del 100% de la M.D.S. y al 95% de la M.D.S. su valor aumento 6.4 veces, la muestra natural tuvo como valor de CBR 10.3% al 100% de la M.D.S y 8.5 % al 95% de la M.D.S. y al adicionar al adicionar 28% de cenizas de carbón mineral el CBR aumento a 69.9% y 59.2% con una densidad máxima seca de 1.806 g/cm³ y 1.716 g/cm³ considerándose como una subrasante buena, por lo tanto, se concluyó que las cenizas de carbón mineral influyeron positivamente en aumentar la capacidad portante CBR para el mejoramiento del suelo arcillosos para el uso como sub rasante.

VII. RECOMENDACIONES

Objetivo Específico 1, En la presente investigación al adicionarse porcentajes de cenizas de carbón mineral de 24%, 28% y 32% todas ellas se lograron disminuir favorablemente el índice de plasticidad, para continuar una Investigación se recomienda utilizar el porcentaje de 28% por ser el resultado más favorable en investigaciones con suelos de mayor índice de plasticidad como OH y CH.

Objetivo Específico 2, En la presente investigación con adición de diferentes porcentajes de cenizas de carbón mineral que van desde el 24% al 32% se incrementó el contenido de humedad y a la misma vez disminuyó la máxima densidad seca comparados a los resultados de la muestra patrón, por lo tanto, se recomendamos realizar un estudio de las cenizas de carbón mineral para saber su composición mineralógica con la que cuenta, ya que es un subproducto obtenido de la combustión de carbón mineral y así poder ser usado en diferentes tipos de suelos y condiciones climatológicos distintas.

Objetivo Específico 3, Se recomienda utilizar dosificaciones de cenizas de carbón mineral con porcentaje menor al 30%, para suelos arcillosos tipo CL ya que el porcentaje más favorable en esta investigación resultó el 28% llegando a una resistencia CBR de 69.9% y 59.2% y desde dicho porcentaje los valores de CBR tienden a disminuir.

REFERENCIAS

1. CABRERA NOE, Jose y PAREDES MINAYA, Jery. *Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el centro poblado de cascajal izquierdo, provincia de santa – Áncash – 2018* [en línea]. Tesis de para obtener el título de Ingeniero civil. Chimbote: Universidad Cesar Vallejo. [fecha en consulta 2 de mayo 2020]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/30956>
2. FALEN CHÁVEZ ARROYO, José y CUBAS BENAVIDES, kevin. *Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas* [en línea]. Tesis para obtener el título de Ingeniero civil. Pimente: universidad Señor de Sipán, 2016. [fecha en consulta 2 de mayo 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/3134>
3. GOÑAS LABAJOS, Olger. *Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada 2019*. [en línea]. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Chachapoyas: universidad Nacional Toribio rodríguez de Mendoza de Amazonas, [fecha en consulta 2 de mayo 2020]. Disponible en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1801>
4. CAÑAR TIVIANO, Edwin. *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón* [en línea]. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017. [fecha en consulta 2 de mayo 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25266/1/Tesis%201115%20-%20Ca%c3%b1ar%20Tiviano%20Edwin%20Santiago.pdf>
5. GÓMEZ CANO, Diana. *Evaluación técnica y ambiental del proceso de almacenamiento de cenizas de carbón activadas alcalinamente para su uso como estabilizante de suelo* [en línea]. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Colombia: Universidad de Medellín, 2016. [fecha en consulta 2 de mayo 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Diana_Cano8

6. ARIZA GÓMEZ, C. ROJAS NOVOA, C. ROMERO FUENTES, Y. *Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante* [en línea]. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad la Gran Colombia, 2016. [fecha en consulta 3 de mayo 2020]. Disponible en: <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5529/EVALUACI%C3%93N%20DE%20LA%20CAPACIDAD%20DE%20SOPORTE%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. SIAVASH MAHVASH, M. *The Utilisation of Fly Ash for Ground Improvement* [en línea]. thesis Doctor of Philosophy inédita [en línea]. Londres: university of West London, 2017. [Fecha en consulta 2 de mayo 2020]. Disponible en: <http://repository.uwl.ac.uk/id/eprint/4754>
8. KHAOYA BARRASA, P. *Stabilization of Expansive Clay Soil Using Bagasse Ash And Lime* [en línea]. thesis Construction Engineering and Management inédita, University of Agriculture and Technology, 2016. [Fecha en consulta 2 de mayo 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/123456789/2407>
9. MELAT NESRU, *comparison of wood ash and bagasse ash soil stabilization methods* [en línea]. Master thesis in engineering in geotechnical engineering, Addis Ababa Science and Technology University, 2016. [Fecha en consulta 2 de mayo 2020]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/199938889.pdf>
10. DANG CHI, Liet and others. Enhancing The Engineering Properties Of Expansive Soil Using Bagasse Ash And Hydrated Lime. *GeomatE*.2016, VOL. 11, n.25, P, 247-2454. [Fecha en consulta 5 de mayo 2020]. ISSN: 2186-2982. Disponible en: <https://www.geomatejournal.com/sites/default/files/articles/2447-2454-5160-Dang-Sept2016-revised.pdf>
11. J. James, E. P. B. and others. Pozzolcinic Benefit Of Fly Ash And Steel Slag Blends In The Development Of Uniaxial Compressive Strength Of Lime Stabilized Soil. *Revista facultad de ingeniería* [en línea]. 2018, VOL. 27, n. 49, P, 7-21. [Fecha en consulta 5 de mayo 2020]. ISSN: 0121-1129. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7019290>
12. OJEDA FERIAS, O and others. Influence of sugar cane bagasse ash inclusion on compacting, CBR and unconfined compressive strength of a subgrade granular material. *Revista Alconpat*. [En línea] 2018, VOL. 8, n.2, pp.194-208.

- [Fecha en consulta 5 de mayo 2020]. ISSN 2007-6835. DOI: 10.21041/ra.v8i2.282. Disponible en: <https://www.revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/282>
13. Soil mechanics. *Encyclopædia Britannica*. [en línea] Date Published: 20 July 1998 [fecha de consulta 9 junio 2020]. Disponible en: <https://www.britannica.com/science/soil-mechanics>
 14. GUERRERO, Cristian Camilo, y otros. Estudio experimental de clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas en el suroccidente colombiano con el método SUCS, el AASHTO y un nuevo método de clasificación de suelos. *Ingeniería y Desarrollo* [en línea]. 2018, 36(2), 378-397 [fecha de Consulta 20 de Julio de 2020]. Pág. 380. ISSN: 0122-3461. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85259689007>
 15. SANDOVAL-FORERO, Eduardo. AGUADO LÓPEZ, Eduardo. Red de Revistas Científicas de América Latina y El Caribe de Ciencias Sociales y Humanidades Red AlyC. *Convergencia Revista de Ciencias Sociales* [en línea]. 2002, 9 (30), [fecha de consulta 20 de julio de 2020]. Pág. 3. ISSN: 1405-1435. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10503017>
 16. ARFATIN, Juliana. Effectiveness of crumb rubber for subgrade soil stabilization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. [En línea]. 2020 mayo, vol. 849. 1-7 Pág. 1. [fecha de consulta 25 de julio de 2020]. DOI 10.1088/1757-899X/849/1/012029. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/849/1/012029>
 17. HIGUERA-SANDOVAL, C. Caracterización de la resistencia de la subrasante con la información del deflectómetro de impacto. *Facultad de Ingeniería* [en línea]. 2010, 19(28), 73-92 [fecha de Consulta 29 de junio de 2020]. ISSN: 0121-1129. Pag.74. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413940761006>
 18. BOWLES, J. Engineering properties of soils and their measurement. En *Soil mechanics; Test procedures*. Soil mechanics. [en línea]. Edition, New York: McGraw-Hill Book Company 1992. Publisher: McGraw-Hill, Inc. [fecha de consulta 20 de julio de 2020]. English: 4th ed. Page. 1- 249. Pág. 11. ISBN 0071129219. Disponible: <https://es.slideshare.net/DIEGOHUERFANO/manual-de-laboratorio-de-suelos-en-ingenieria-civil-joseph-e-bowles>

19. JUNCO DEL PINO, Juan. TEJEDA -PIUSSEAUT., Eduardo. Consideraciones acerca de la actividad de las arcillas en la estabilización de suelos con sales cuaternarias de amonio. *Revista de Arquitectura e Ingeniería* [en línea]. 2013, 7(3), 1-12 [fecha de Consulta 29 de junio de 2020]. Pág.3. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193930080004>
20. OYOLA-GUZMÁN, Romer Daniel. Determinación de la resistencia a la penetración de un suelo cohesivo en diferentes condiciones de hidratación y compactación. *Revista de Arquitectura e Ingeniería* [en línea]. 2016, 10(3), 1-10 [fecha de Consulta 29 de junio de 2020]. Pág. 3 ISSN. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193949520004>
21. MUSLIH, Y. NIKRAZ, H. The Correlation between the CBR and Shear Strength in Unsaturated Soil Conditions. *International Journal of Transportation Engineering*. [En línea]. Vol.1/ No.3/ Winter 2014. 211-222. Page. 212. [fecha de consulta 27 junio 2020]. Disponible en: http://www.ijte.ir/article_4790_8488b0d83b290f69c910264da2f7b97d.pdf
22. HAIGH, S. *The plastic limit of clays*. [En línea]. Vardanega, P. Bolton, M. United Kingdom: University of Cambridge. May 2013 *Géotechnique* 63(6). 435-440. [fecha de consulta 22 junio 2020]. Pág. 435. DOI: 10.1680 / geot.11. P.123. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272828738_The_plastic_limit_of_clays
23. GERREO-BACA, Luis. SORIA-LÓPEZ, Francisco. Estabilización de Suelos con Cal y Puzolanas. *Construcción con Tierra*. [En línea]. 2019, diciembre, 1(6). 15-24. [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Pág. 16 Disponible en: <https://publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/construccioncantierra/article/view/761>
24. JOURAU-BUTT, Wuajic and others. Strength behavior of clayey soil stabilized with saw dust ash. *Geo-Engineering*. [En línea]. 2016, octubre, 7(18). 1-9 Pág. 1. Párr. 2 [fecha de consulta 29 junio 2020]. DOI 10.1186/s40703-016-0032-9. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40703-016-0032-9>
25. SHIFENG, DAI and others. Coal as Promising Source Of Critical Elements: Progress And Future Prospects: *International Journal of Coal Geology* [en línea]. 2017, vol.186 [fecha de consulta 19 mayo 2020]. ISSN:0166-5162.

Disponible en: <https://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-coal-geology>

26. CAÑAR TIVIANO, Edwin. Santiago. *Análisis Comparativo De La Resistencia Al Corte Y Estabilización De Suelos Arenosos Finos Y Arcillosos Combinadas Con Ceniza De Carbón* [en línea]. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Técnica De Ambato, 2017. [consulta 21 de mayo 2020]. Disponible en:
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25266/1/Tesis%201115%20-%20Ca%C3%B1ar%20Tiviano%20Edwin%20Santiago.pdf>
27. CABRERA NOLE, José Isaac Y PAREDES MINAYA, Jerry Nicolas. *Estabilización De Suelos Con Cenizas De Carbón Mineral Con Fines De Pavimentación En El Centro Poblado De Cascajal Izquierdo, Provincia De Santa – Ancash – 2018* [en línea]. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo, 2018. [consulta 23 de mayo 2020]. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/30956>
28. FALEN CHAVEZ, José Carlos. Y CUVAS VENAVIDES, Kevin. *Evaluación De Las Cenizas De Carbón Para La Estabilización De Suelos Mediante Activación Alcalina Y Aplicación En Carreteras No Pavimentadas* [en línea]. tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Señor De Sipán, 2016. [fecha de consulta 25 de mayo]. Disponible en:
http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/3134/20170605165810XaaY_1000193270_5606_2040_152727574.pdf?sequence=1&isAllowed=y
29. HUAQUISTO CASERES, S. y BELIZARIO QUISPE, G. utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de investigaciones Altoandinas* [en línea]. 2018, VOL. 20, (2) [fecha de consulta 23 mayo 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.366>
30. GONZALES CARPIO, Flor Marrilla. *Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de puno* [en línea]. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. Puno: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2018. [fecha de consulta 28 de mayo 2020] disponible en:
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2155>

31. GOUNDAR, Sam. Research Methodology and Research Method. *Researchgate* [En línea]. 2019, cap. 3. 1-41. Pág. 5 [Fecha de consulta 23 de junio 2020]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/333015026>
32. YIN K. Robert. CASE STUDY RESEARCH Design and Methods. London:2014 [En línea]. [fecha de consulta 29 junio 2020]. 5ta ed. ISBN 978-1-4522-4256-9. Disponible en: https://www.academia.edu/30849709/CASE_STUDY_RESEARCH_Design_and_Methods_Second_Edition
33. MILLER, Christopher, SMITH, Shawna y PUGATCH, Marianne. Experimental and quasi-experimental designs in implementation research [En línea]. 2020 vol.283 [fecha de consulta 10 junio 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2019.06.027>
34. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. *Metodología De La Investigación*. En: El Proceso de Investigación y los Enfoques Cuantitativo y Cualitativo: hacia un modelo integral. FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. México: 2010. [en línea]. [Fecha de consulta 11 junio 2020]. 5ta ed. ISBN 978-970-10-5753-7. Disponible en: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38911499/Sampieri.pdf?1443413542=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSampieri.pdf&Expires=1593971167&Signature=cfg34DzUBW71RZT7wXqu1lfekmCH1QNz3rhdDL774Xz41GmeU-EgQauhdVaqXfLOPBt3QDZ0n4FdiyskMqHitYzxb5FO~xfDqI-QICSHXN1yd6feFxb4bmg07IB1JSfoSdzZgIkNTluZIN9bkD0zNW1N5TN4U34Tm6yS7IOkHpbkb2JV2zyEot3d9QtnsOgAcir5u3yItAAQ79PI9YEusWK5hjtB3CS EixRCptCzXDva4fzdePQZc3zpWtsLJbVndEznbHKR4Sof7pNMkqQkPWft9oltT Mp6DX5xgQInMwk5NH~S1TBFed1QP98PTBs3GE8lgXWoZpgs-lpw0evKkA &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>
35. ZHEN WANG, Shifeng Dai. Rare earth elements and yttrium in coal ash from the Luzhou power plant in Sichuan, Southwest China: Concentration, characterization and optimized extractio. *International Review of Coal Geology* [en línea]. 2019, VOL. 203, pp.1-15. [Fecha de consulta 11 junio 2020] ISSN: 2357-5237. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166516218310097>

36. PONCE CRISTIAN, Dais Kenia. *Uso Del Cloruro De Calcio Para Estabilización De La Subrasante En Suelos Arcillosos De La Avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande – Huancavelica*. [en línea]. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Huancavelica, Universidad Nacional De Huancavelica. 2018. [Fecha de consulta 11 junio 2020] Pág. 18. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1414>
37. BANERJEE, Amitav and CHAUDHURY, Suprakash. Statistics without tears: Populations and samples. *Ind Psychiatry J*. [En línea] 2010,19(1), 60-65. Pág. 3 [fecha de consulta 15 junio 2020]. Doi:10.4103/0972-6748.77642. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3105563/>
38. MARTÍNEZ MESA Jeovany, and others. How to select participants in my research study? *An Bras Dermatol*. [En línea]. 2016, 91(3). 326-330. Pág. 3. [fecha de consulta 29 junio 2020]. Doi:10.1590/abd1806-4841.20165254. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4938277/>
39. KASSU JILCHA, Sileyew. Research Design and Methodology, *Cyberspace*. [En línea]. 2019 august, 1-13. Pág. 5. Párr. 5 [fecha de consulta 18 junio 2020]. DOI: 10.5772/intechopen.85731. disponible en: <https://www.intechopen.com/books/cyberspace/research-design-and-methodology>
40. KASSU JILCHA, Sileyew. Research Design and Methodology, *Cyberspace*. [En línea]. 2019 august, 1-13. Pág. 6. Párr. 2. [fecha de consulta 18 junio 2020]. DOI: 10.5772/intechopen.85731. disponible en: <https://www.intechopen.com/books/cyberspace/research-design-and-methodology>
41. BARKMAN, s. *A Field Guide to Designing Quantitative Instruments to Measure Program Impact*. [en línea] United States: Purdue University. [fecha de consulta 20 junio 2020]. IN 47907-2053. Disponible en: <https://ag.purdue.edu/extension/pdehs/Documents/QuantitativeFieldGuide.pdf>
42. TAHERDOOST, Hamed. Validity and Reliability of the Research Instrument; How to Test the Validation of a Questionnaire/Survey in a Research. *International Journal of Academic Research in Managemen*. [en línea] 10 de agosto de 2016, Vol. 5, No. 3, 28-36. Pág. 2 [fecha de consuta 20 junio 2020]. ISSN: 2296-1747. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3205040

43. TAHERDOOST, Hamed. Validity and Reliability of the Research Instrument; How to Test the Validation of a Questionnaire/Survey in a Research. *International Journal of Academic Research in Managemen*. [en línea] 10 de agosto de 2016, Vol. 5, No. 3, 28-36. pág. 6 [fecha de consuta 24 junio 2020]. ISSN: 2296-1747. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3205040
44. PARVEEN, Huma and SHOWKAT, Nayeem. Research Ethics. *Research Gate*. [En línea]. 2017, julio, pp.1-12. Pág. 5. [fecha de consulta 29 de junio 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318912804_Research_Ethics

ANEXO 2: Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable independiente: Cenizas de carbón mineral	GOMEZ dice que Las cenizas de son consideradas como subproducto industrial que provienen de la quema del carbón mineral de diámetros menores a los 0.075 mm una solución activadora de hidróxido alcalino y silicato alcalino, a este producto se le ha llamado geopolímero.	Se desarrollará un proceso con el objetivo de conocer la influencia de las cenizas de carbón mineral teniendo en cuenta los porcentajes que se le adicionara a la subrasante, los cuales están en relación de 24%, 28% y 32%	dosificación de la ceniza de carbón mineral en diferentes porcentajes	Aplicación de 24 % de carbón mineral	Experimento aplicando 24% de ceniza de carbón mineral al volumen del terreno
				Aplicación de 28 % de carbón mineral	Experimento aplicando 28% de ceniza de carbón mineral al volumen del terreno
				Aplicación de 32 % de carbón mineral	Experimento aplicando 32% de ceniza de carbón mineral al volumen del terreno
Variable dependiente: Propiedades de una subrasante arcillosa	La subrasante tiene una gran influencia en la construcción de pavimentos ya que si no es un suelo óptimo se necesita estabilizar buscando generar una reacción química del suelo con el estabilizante para lograr modificar las características y propiedades del suelo; y así darle mayor capacidad de respuesta a los requerimientos de carga dinámica. (Romero Y Sañac,2016)	Con el fin de mejorar la subrasante de suelos arcillosos se le adicionará la ceniza de carbón mineral y se medirán los resultados de las dosificaciones mediante los ensayos de laboratorio.	Índice de plasticidad	Límite líquido	Ensayo de Límite de Atterberg (MTC E1090 – 2000)
				Límite plástico	
			Contenido de humedad	Proctor modificado	Ensayo de Proctor modificado (MTC E115 – 2000)
Capacidad portante	CBR	Ensayo de CBR California Bearing ratio (MTC E 132 -2000)			

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: Matriz de Consistencia

Título:	Influencia de las cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco, La Libertad, 2020					
Autores:	RIOS VILCA NATALI WENDOLI		NEYRA VASQUEZ AMILCAR MILTON			
PROBLEMA	OBEJTIOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. DEPENDIENTE: PROPIEADES DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA			Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: Explicativa Diseño: Cuasi-Experimental Población: la población estuvo constituida por, toda la Vía de Circunvalación con longitud de 2.84 km. Muestra: se ejecutaron 04 calicatas en 2.5 km entre km0 y km2.5 de la Vía de Circunvalación Muestreo: No probabilístico Técnica: observación experimental. Instrumentos: Formatos de los ensayos realizados.
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
¿Cuánto influye las cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020?	Evaluar la influencia de las cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.	La aplicación de las cenizas de carbón mineral, influyen en las propiedades de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.	Índice de plasticidad	Límite líquido Límite plástico	Ensayo de Límite de Atterberg (MTC E1090 – 2000)	
			Contenido de humedad	Proctor modificado	Ensayo de Proctor modificado (MTC E115 – 2000)	
			Capacidad portante	CBR	Ensayo de Cbr California Bearing ratio (MTC E 132 -2000)	
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	V. INDEPENDIENTE: CENIZAS DE CARBON MINERAL			
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
¿Cuánto influye las cenizas de carbón mineral en el índice de plasticidad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020?	Evaluar la influencia de las cenizas de carbón mineral en el índice de plasticidad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.	La aplicación de las cenizas de carbón mineral, disminuirá el índice de plasticidad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.		Aplicación de 24 % de carbón mineral		
¿Cuánto influye las cenizas de carbón mineral en el contenido de humedad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020?	Evaluar la influencia de la ceniza de carbón mineral en el el contenido de humedad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.	La aplicación de las cenizas de carbón mineral, disminuirá el contenido de humedad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.	dosificación de la ceniza de carbón mineral en diferentes porcentajes	Aplicación de 28 % de carbón mineral	Experimento aplicando en porcentajes de 24%, 28% y 32%de ceniza de carbón mineral al volumen del terreno	
¿Cuánto influye las cenizas de carbón mineral en la capacidad portante de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020?	Evaluar la influencia de la ceniza de carbón mineral en la capacidad portante de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.	La aplicación de las cenizas de carbón mineral aumentará la capacidad de una subrasante arcillosa en la vía de Circunvalación distrito de Huamachuco, La Libertad 2020.		Aplicación de 32 % de carbón mineral		

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4: Ensayos de Laboratorio

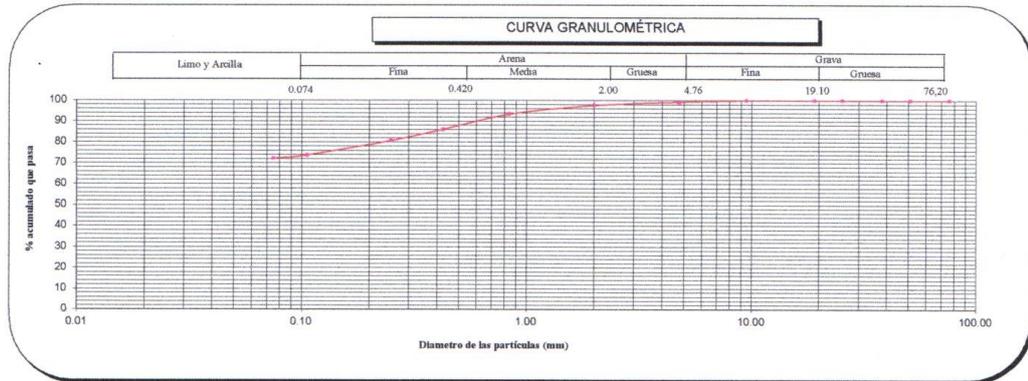
 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 01		CF: Ing - IF - S - PN VF: 01 FEF: 07/09/2020
	Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020" Fecha emisión informe: 30/10/2020 Ubicación: Huamachuco		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO MTC E 107 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	C1 - M1
CENIZA	0.0%
PROF. (m)	0.00-1.50

N°	Malla	Abertura (mm)	Peso (g)	% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
							Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)
3"		76.200	0	100.0	0.0	0.0	30.0	20.0
2"		50.800	0	100.0	0.0	0.0		
1 1/2"		38.100	0	100.0	0.0	0.0		
1"		25.400	0	100.0	0.0	0.0		
3/4"		19.100	0	100.0	0.0	0.0		
3/8"		9.520	0	100.0	0.0	0.0		
Nº 4		4.760	7	99.2	0.8	0.8	% Grava	0.8
Nº 10		2.000	14.8	97.6	1.6	2.4	% Arena	27.0
Nº 20		0.840	38.9	93.4	4.2	6.6	% < Nº 200	72.2
Nº 40		0.425	68.5	86.0	7.4	14.0		
Nº 60		0.250	49.0	80.7	5.3	19.3		
Nº 140		0.106	64.8	73.7	7.0	26.3		
Nº 200		0.075	13.9	72.2	1.5	27.8		
< 200		MTC E 137	667.8	0.0	72.2	100.0		

Descripción de Muestra:
Arcilla de baja plasticidad con arena



Referencias:

- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve

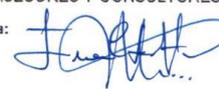
Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



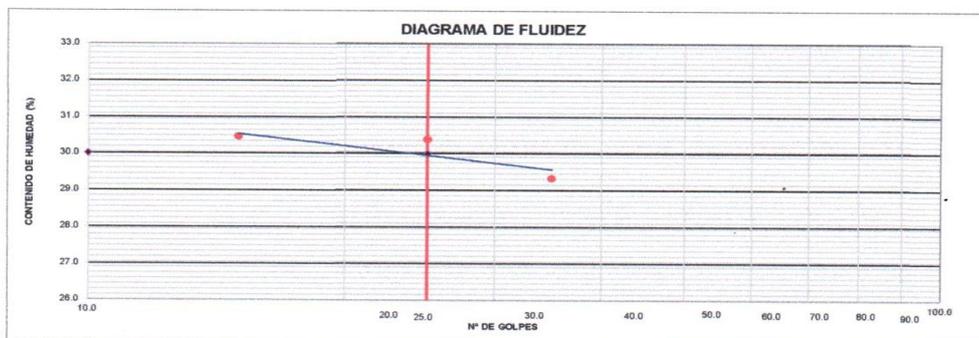

 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 02</u></p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN VF: 01 FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Ríos Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

**LIMITES DE ATTERBERG
MTC E 110 & E 111 - 2016**

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: C1 - M1
PROF (m)	: 0.00-1.50
CENIZA :	

LÍMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2016)			
Nº TARRO	GEO -26	L - 12	GEO -45
TARRO + SUELO HÚMEDO	45.91	39.71	37.34
TARRO + SUELO SECO	42.28	36.56	34.80
AGUA	3.63	3.15	2.54
PESO DEL TARRO	29.90	26.19	26.46
PESO DEL SUELO SECO	12.38	10.37	8.34
% DE HUMEDAD	29.32	30.38	30.46
Nº DE GOLPES	35	25	15

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)		
Nº TARRO	I - 2	Y -9
TARRO + SUELO HÚMEDO	20.72	20.05
TARRO + SUELO SECO	19.70	19.02
AGUA	1.02	1.03
PESO DEL TARRO	14.65	14.04
PESO DEL SUELO SECO	5.05	4.98
% DE HUMEDAD	20.20	20.68



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LIQUIDO	(%)	30.0
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	20.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	10.0

OBSERVACIONES
La muestra fue proporcionada por el solicitante. Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40. Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

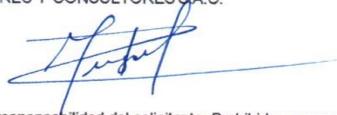
ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.

Equipos utilizados

- Balanza BAL-01: OHAUS - CMM-243-2019 (15-04-19)
- Horno METROTEST-01: CTM-112-2019 (15-04-19)
- Copa Casagrande CCG-01: Pinzuar-CLM-386-2019 (15-04-2019)

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



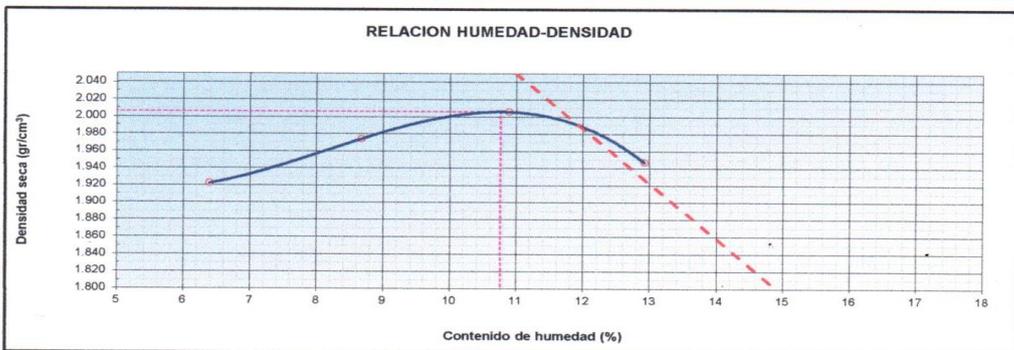

 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 04</u></p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN</p> <p>VF: 01</p> <p>FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

COMPACTACIÓN DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)
MTC E 115 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1 - M1	CENIZA : SUCS : CL
PROFUNDIDAD : 0.00-1.50	AASHTO: A-4 (6)

MÉTODO : C

COMPACTACIÓN					
Peso suelo + molde	gr	10820.00	11035.00	11205.00	11150.00
Peso molde	gr	6428.00	6428.00	6428.00	6428.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4392.00	4607.00	4777.00	4722.00
Volumen del molde	cm ³	2148.00	2148.00	2148.00	2148.00
Peso volumétrico húmedo	gr	2.04	2.14	2.22	2.20
Peso del suelo húmedo+tara	gr	365.00	381.00	377.00	433.00
Peso del suelo seco + tara	gr	345.00	353.00	343.50	387.00
Tara	gr	32.00	30.00	36.00	31.00
Peso de agua	gr	20.00	28.00	33.50	46.00
Peso del suelo seco	gr	313.00	323.00	307.50	356.00
Contenido de agua	%	6.39	8.67	10.89	12.92
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.922	1.974	2.005	1.947
Gravedad Específica (gr/cm³)		2.359		Densidad máxima (gr/cm³)	
				Humedad óptima (%)	
				2.006	
				10.8	



Referencia

- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft.lbf/ ft³ (2700 kN-m/m³)

Observaciones:

- Método Seco.
- Pison Manual.
- Pasante la 3/4
- Método de Gravedad Específica MTC E 205 y MTC E 206.

Elaborado por:
Miguel Ángel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 05</u></p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN VF: 01 FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132 - 2016**

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1 - M1	CENIZA : SUCS : CL
PROF. (m) : 0.00-1.50	AASHTO: A-4 (6)

COMPACTACIÓN

	12		13		14	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	12		13		14	
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	55		26		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12005.00	12156.00	11835.00	12010.00	11890.00	12050.00
Peso de molde (g)	7496.00	7496.00	7513.00	7513.00	7823.00	7823.00
Peso del suelo húmedo (g)	4509.00	4660.00	4322.00	4497.00	4067.00	4227.00
Volumen del molde (cm ³)	2036.09	2036.09	2057.75	2057.75	2046.91	2046.91
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.215	2.289	2.100	2.185	1.987	2.065
Peso suelo húmedo + tara (g)	288.00	330.00	310.00	348.00	305.30	342.30
Peso suelo seco + tara (g)	264.00	299.00	284.00	314.20	280.30	309.00
Peso de tara (g)	32.00	30.00	28.00	29.00	32.00	30.00
Peso de agua (g)	24.00	31.00	26.00	33.80	25.00	33.30
Peso de suelo seco (g)	232.00	269.00	256.00	285.20	248.30	279.00
Contenido de humedad (%)	10.3	11.5	10.2	11.9	10.1	11.9
Densidad seca (g/cm ³)	2.007	2.052	1.907	1.954	1.805	1.845

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%
7/10/2020	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
8/10/2020	24	17.390	17.390	15.1	21.010	21.010	18.2	22.300	22.300	19.3
9/10/2020	48	18.750	18.750	16.2	22.300	22.300	19.3	22.450	22.450	19.4
		18.800	18.800	16.3	22.420	22.420	19.4	22.650	22.650	19.6
		18.850	18.850	16.3	22.560	22.560	19.5	22.850	22.850	19.8

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 12				MOLDE Nº 13				MOLDE Nº 14			
		Presion (kg/cm ²)		CORRECCION		Presion (kg/cm ²)		CORRECCION		Presion (kg/cm ²)		CORRECCION	
		kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
0.000		0				0				0			
0.635		1.8	35.0			1.5	29.2			1.3	24.3		
1.270		4.4	85.0			3.6	70.8			3.0	59.0		
1.905		5.4	105.3			4.5	87.8			3.8	73.2		
2.540	70.45	7.5	145.3			6.2	121.1			5.2	100.9		
3.180		9.0	175.3			7.5	146.1			6.3	121.8		
3.810		10.8	210.3			9.0	175.3			7.5	146.1		
5.080	105.68	14.2	275.3			11.8	229.4			9.8	191.2		
7.620		16.5	320.0			13.7	266.7			11.4	222.3		
10.160													
12.700													

Referencia:

- ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft/ft³ (2700 kN-m/m³)
- Maquina de Ensayos CBR (escala 5000 kgf), Unidades de medida: SI
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular de 49.75 mm
- Celda de Carga Tipo "S": S-OL-M2D023579
- Sobrecarga de Saturación y Penetración: Dos pesas circulares de 150,81 mm de diámetro y masa total de 4,55 kg.

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

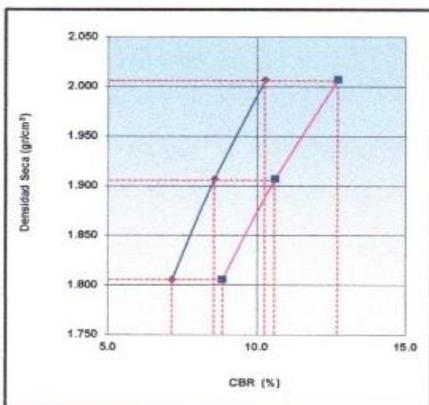
Firma:




 <p>R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 05.01</u>	CF: Ing - IF - S - PN VF: 01 FEF: 07/09/2020
	Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Influencia de la cantidad de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco" Fecha emisión informe: 30/10/2020 Ubicación: Huamachuco	

CBR DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1 - M1	CENIZA :
PROF. (m) : 0.00-1.50	SUCS : CL AASHTO: A-4 (6)

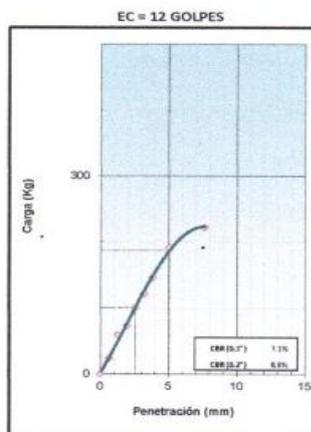
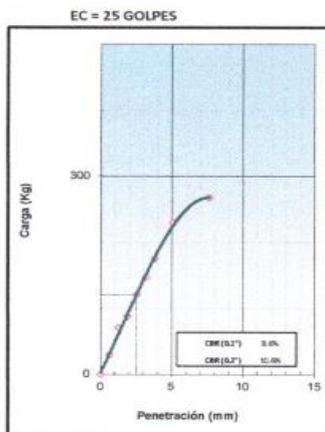
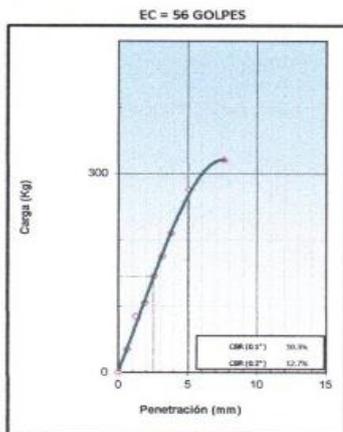


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.006
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.8
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.905

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 10.3	0.2": 12.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 8.5	0.2": 10.6

RESULTADOS (0.2"):
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 12.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 10.6 (%)

RESULTADOS (0.1"):
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 10.3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 8.5 (%)



Referencia:

- ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ftlb/ft³ (2700 kN-m/m³)
- Máquina de Ensayos CBR (escala 5000 kgf). Unidades de medida: SI
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular de 49.75 mm
- Celda de Carga Tipo "S": S-OL-M20023579
- Sobrecarga de Saturación y Penetración: Dos pesos circulares de 150,81 mm de diámetro y masa total de 4,55 kg.

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:


Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

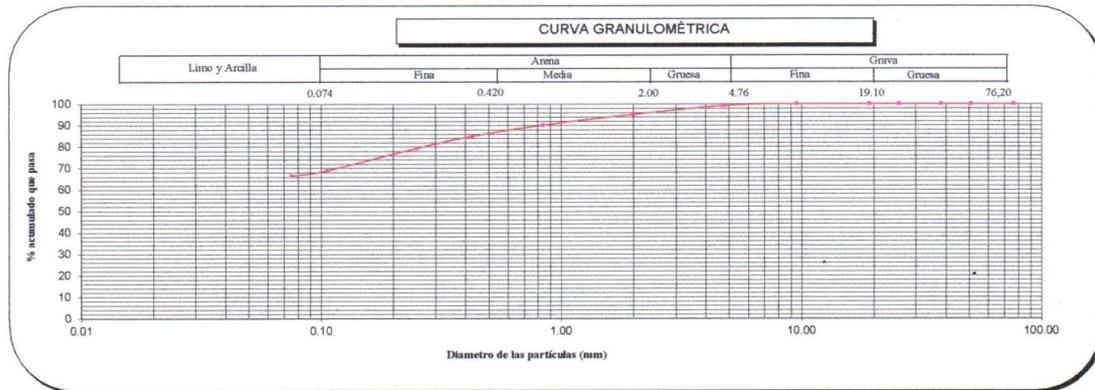



 <p>R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 06	CF: Ing - IF - S - PN VF: 01 FEF: 07/09/2020
	Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Influencia de las cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020" Fecha emisión informe: 30/10/2020 Ubicación: Huamachuco	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO MTC E 107 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	C2 -. M1
CENIZA	0.00%
PROF. (m)	0.00-1.50

Malla	N°	Abertura (mm)	Peso (g)	% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
							Índice de Grupo	Clasificación
3"		76.200	0	100.0	0.0	0.0	Límite Líquido (LL)	29.0
2"		50.800	0	100.0	0.0	0.0	Límite Plástico (LP)	20.0
1 1/2"		38.100	0	100.0	0.0	0.0	Índice Plástico (IP)	9.0
1"		25.400	0	100.0	0.0	0.0	Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	CL
3/4"		19.100	0	100.0	0.0	0.0	Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282	A-4
3/8"		9.520	0	100.0	0.0	0.0	Índice de Grupo	4
N° 4		4.760	6	99.1	0.9	0.9	% Grava	0.9
N° 10		2.000	25.0	95.1	4.0	4.9	% Arena	32.6
N° 20		0.840	30.2	90.2	4.9	9.8	% < N° 200	66.4
N° 40		0.425	32.2	85.0	5.2	15.0		
N° 60		0.250	35.0	79.4	5.6	20.6		
N° 140		0.106	65.0	68.9	10.5	31.1		
N° 200		0.075	15.0	66.4	2.4	33.5		
< 200		MTC E 137	412.6	0.0	66.4	100.0		
							Descripción de Muestra:	
							Arcilla arenosa de baja plasticidad	



Referencias :

- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



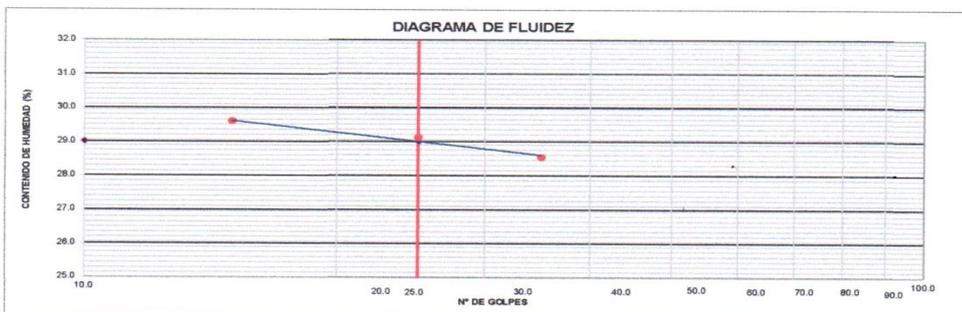
 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 07</u></p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN VF: 01 FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Ríos Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

**LÍMITES DE ATTERBERG
MTC E 110 & E 111 - 2016**

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C2 - M1	CENIZA :
PROF (m) : 0.00-1.50	

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)			
Nº TARRO	L - 10	L - 12	L - 14
TARRO + SUELO HÚMEDO	45.06	45.17	44.38
TARRO + SUELO SECO	41.40	41.55	40.82
AGUA	3.66	3.62	3.56
PESO DEL TARRO	28.58	29.12	28.79
PESO DEL SUELO SECO	12.82	12.43	12.03
% DE HUMEDAD	28.55	29.12	29.59
Nº DE GOLPES	35	25	15

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)		
Nº TARRO	A - 6	A - 8
TARRO + SUELO HÚMEDO	20.34	20.91
TARRO + SUELO SECO	19.29	19.87
AGUA	1.05	1.04
PESO DEL TARRO	14.10	14.72
PESO DEL SUELO SECO	5.19	5.15
% DE HUMEDAD	20.23	20.19



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	29.0
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	20.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	9.0

OBSERVACIONES
La muestra fue proporcionada por el solicitante. Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40. Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.

Equipos utilizados

- Balanza BAL-01: OHAUS - CMM-243-2019 (15-04-19)
- Horno METROTEST-01: CTM-112-2019 (15-04-19)
- Copa Casagrande CCG-01: Pinzuar-CLM-386-2019 (15-04-2019)

Elaborado por:
Miguel Ángel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



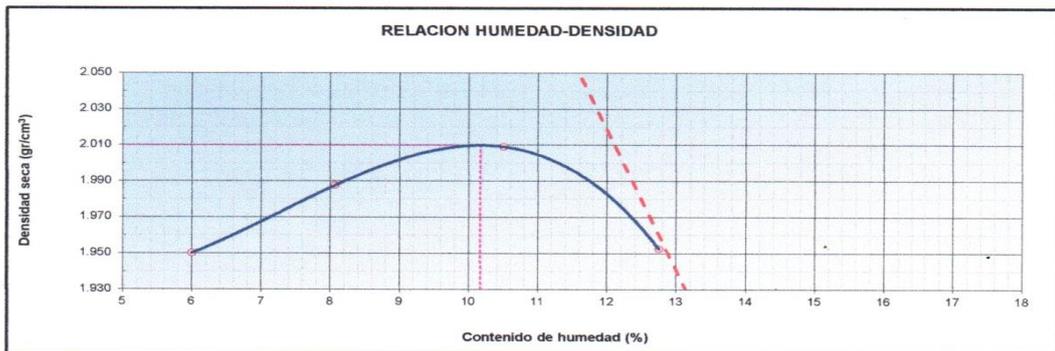
 <p>R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 09	CF: Ing - IF - S - PN VF: 01 FEF: 07/09/2020
	Solicitante: Ríos Vilca Natall Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020" Fecha emisión informe: 30/10/2020 Ubicación: Huamachuco	

COMPACTACION DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)
MTC E 115 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C2 -. M1	CENIZA :
PROFUNDIDAD : 0.00-1.50	SUCS : CL AASHTO: A-4 (4)

MÉTODO : C

COMPACTACIÓN					
Peso suelo + molde	gr	10890.00	11062.00	11215.00	11175.00
Peso molde	gr	6502.00	6502.00	6502.00	6502.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4388.00	4560.00	4713.00	4673.00
Volumen del molde	cm ³	2123.00	2123.00	2123.00	2123.00
Peso volumétrico húmedo	gr	2.07	2.15	2.22	2.20
Peso del suelo húmedo+tara	gr	300.20	340.00	420.30	295.30
Peso del suelo seco + tara	gr	285.30	317.00	383.20	265.30
Tara	gr	36.90	32.00	30.00	30.00
Peso de agua	gr	14.90	23.00	37.10	30.00
Peso del suelo seco	gr	248.40	285.00	353.20	235.30
Contenido de agua	%	6.00	8.07	10.50	12.75
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.950	1.988	2.009	1.952
Gravedad Especifica (gr/cm3)		2.358		Densidad máxima (gr/cm³)	
				Humedad óptima (%)	
				10.2	



Referencia - ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ftlb/ ft³ (2700 kN-m/m³)

Observaciones:

- Método Seco.
- Pison Manual.
- Pasante la 3/4
- Método de Gravedad Especifica MTC E 205 y MTC E 206.

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS		CF: Ing - IF - S - PN
	<u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 10</u>		VF: 01
Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton		Institución: Universidad César Vallejo	Especialidad: Ingeniería Civil
Tema de tesis: "Influencia de las cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"			
Fecha emisión informe: 30/10/2020			
Ubicación: Huamachuco			

**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132 - 2016**

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C2 - M1	CENIZA : SUCS : CL
PROF. (m) : 0.00-1.50	AASHTO: A-4 (4)

COMPACTACIÓN						
	21		22		23	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	21		22		23	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12150.00	12301.00	11850.00	12020.00	12120.00	12290.00
Peso de molde (g)	7540.00	7540.00	7461.00	7461.00	7980.00	7980.00
Peso del suelo húmedo (g)	4610.00	4761.00	4389.00	4559.00	4140.00	4310.00
Volumen del molde (cm ³)	2074.07	2074.07	2076.80	2076.80	2071.35	2071.35
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.223	2.295	2.113	2.195	1.999	2.081
Peso suelo húmedo + tara (g)	290.30	330.90	310.00	350.20	301.20	340.50
Peso suelo seco + tara (g)	266.30	298.20	283.50	315.20	276.30	306.30
Peso de tara (g)	36.00	30.00	30.00	30.00	34.85	30.00
Peso de agua (g)	24.00	32.70	26.50	35.00	24.90	34.20
Peso de suelo seco (g)	230.30	268.20	253.50	285.20	241.45	276.30
Contenido de humedad (%)	10.4	12.2	10.5	12.3	10.3	12.4
Densidad seca (g/cm ³)	2.013	2.046	1.913	1.955	1.812	1.852

EXPANSION										
FECHA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%
7/10/2020	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
8/10/2020	24	17.870	17.870	15.5	21.650	21.650	18.7	22.630	22.630	19.6
9/10/2020	48	18.100	18.100	15.7	21.900	21.900	19.0	22.850	22.850	19.8
		18.140	18.140	15.7	22.150	22.150	19.2	22.950	22.950	19.9
		18.180	18.180	15.7	22.680	22.680	19.6	23.020	23.020	19.9

PENETRACION												
PENETRACIÓN mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 21				MOLDE N° 22				MOLDE N° 23		
		Presion (kg/cm2)	CARGA kg	CORRECCION kg	%	Presion (kg/cm2)	CARGA kg	CORRECCION kg	%	Presion (kg/cm2)	CARGA kg	CORRECCION kg
0.000			0			0					0	
0.635		1.3	25.6			1.1	21.3			0.9	17.8	
1.270		2.9	55.6			2.4	46.3			2.0	38.6	
1.905		4.9	95.6			4.1	79.7			3.4	66.4	
2.540	70.45	5.9	115.0			4.9	95.8			4.1	79.8	
3.180		8.7	168.9			7.2	140.8			6.0	117.3	
3.810		12.6	245.3			10.5	204.4			8.8	170.3	
5.080	105.68	14.9	290.3			12.4	241.9			10.4	201.6	
7.620		16.7	325.3			13.9	271.1			11.6	225.9	
10.160												
12.700												

Referencia:

- ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ftlb/ft³ (2700 kN-m/m³)
- Máquina de Ensayos CBR (escala 5000 kgf), Unidades de medida: SI
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular de 49.75 mm
- Celda de Carga Tipo "S": S-OL-M2D023579
- Sobrecarga de Saturación y Penetración: Dos pesas circulares de 150,81 mm de diámetro y masa total de 4,55 kg.

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 66346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

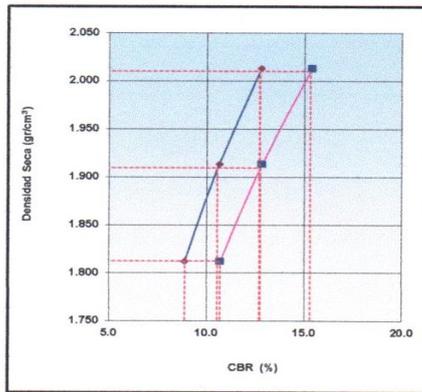
Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 10.01</u></p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN</p> <p>VF: 01</p> <p>FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

CBR DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C2 - M1	CENIZA :
PROF. (m) : 0.00-1.50	SUCS : CL
	AASHTO: A-4 (4)

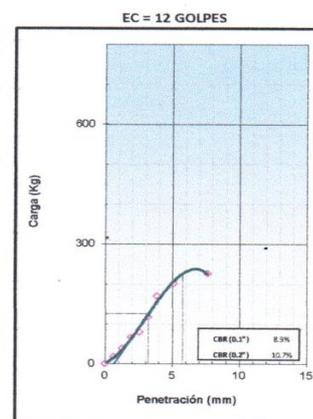
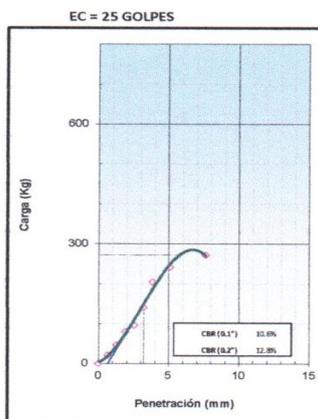
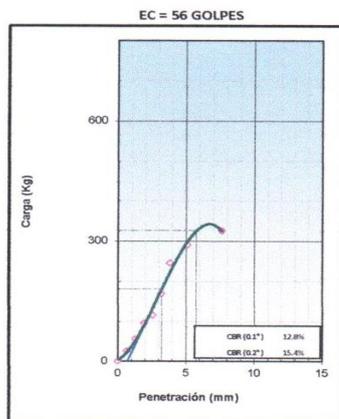


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.010
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.2
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.909

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 12.7	0.2": 15.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 10.6	0.2": 12.7

RESULTADOS (0.2"):
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 15.3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 12.7 (%)

RESULTADOS (0.1"):
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 12.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 10.6 (%)



Referencia:

- ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ftlb/ft³ (2700 kN-m/m³)
- Maquina de Ensayos CBR (escala 5000 kgf). Unidades de medida: SI
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular de 49.75 mm
- Celda de Carga Tipo "S": S-OL-M2D023579
- Sobrecarga de Saturación y Penetración: Dos pesas circulares de 150,81 mm de diámetro y masa total de 4,55 kg.

Elaborado por:
 Miguel Ángel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



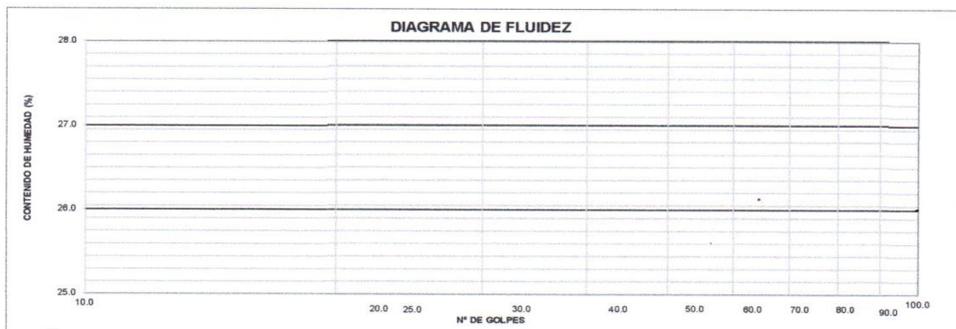
 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 12</u></p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN VF: 01 FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

**LÍMITES DE ATTERBERG
MTC E 110 & E 111 - 2016**

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1-M1	CENIZA : 24.0%
PROF (m) : 0.00-0.150	

LÍMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2016)			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO		N.P.	
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
Nº DE GOLPES			

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO		N.P.	
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	N.P.

OBSERVACIONES
La muestra fue proporcionada por el solicitante. Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40. Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.

Equipos utilizados

- Balanza BAL-01: OHAUS - CMM-243-2019 (15-04-19)
- Horno METROTTEST-01: CTM-112-2019 (15-04-19)
- Copa Casagrande CCG-01: Pinzuar-CLM-386-2019 (15-04-2019)

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



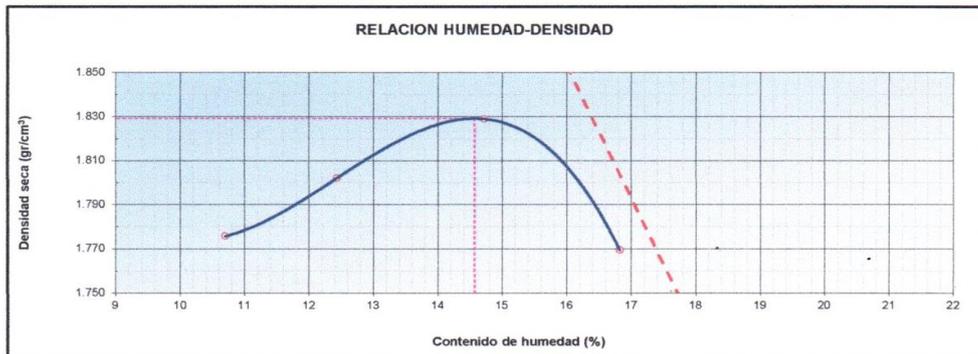

 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 14</p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN</p> <p>VF: 01</p> <p>FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Ríos Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

COMPACTACIÓN DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)
MTC E 115 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1-M1	CENIZA: 24.0%
PROFUNDIDAD : 0.00-0.150	SUCS : ML
	AASHTO: A-4 (0)

MÉTODO : C

COMPACTACIÓN					
Peso suelo + molde	gr	10650.00	10780.00	10935.00	10868.00
Peso molde	gr	6428.00	6428.00	6428.00	6428.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4222.00	4352.00	4507.00	4440.00
Volumen del molde	cm ³	2148.00	2148.00	2148.00	2148.00
Peso volumétrico húmedo	gr	1.97	2.03	2.10	2.07
Peso del suelo húmedo+tara	gr	560.00	468.00	575.00	520.30
Peso del suelo seco + tara	gr	511.00	422.00	508.00	450.00
Tara	gr	53.00	52.00	53.00	32.00
Peso de agua	gr	49.00	46.00	67.00	70.30
Peso del suelo seco	gr	458.00	370.00	455.00	418.00
Contenido de agua	%	10.70	12.43	14.73	16.82
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.776	1.802	1.829	1.769
Gravedad Especifica (gr/cm ³)		2.357		Densidad máxima (gr/cm ³)	
				Humedad óptima (%)	
				14.6	



Referencia

- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ftlb/ ft³ (2700 kN-m/m³)

Observaciones:

- Método Seco.
- Pison Manual.
- Pasante 1/4"
- Método de Gravedad Especifica MTC E 205 y MTC E 206.

Elaborado por:
Miguel Ángel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIF 58346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 15</p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN</p> <p>VF: 01</p> <p>FE: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

CBR DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1-M1	CENIZA : 24.0%
PROF. (m) : 0.00-0.150	SUCS : ML AASHTO : A-4 (0)

COMPACTACIÓN						
	66		49		52	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	66		49		52	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11945.00	12050.00	11905.00	12065.00	11530.00	11721.00
Peso de molde (g)	7557.00	7557.00	7787.00	7787.00	7623.00	7623.00
Peso del suelo húmedo (g)	4388.00	4493.00	4118.00	4278.00	3907.00	4098.00
Volumen del molde (cm³)	2090.46	2090.46	2079.53	2079.53	2090.46	2090.46
Densidad húmeda (g/cm³)	2.099	2.149	1.980	2.057	1.869	1.960
Peso suelo húmedo + tara (g)	425.00	390.20	512.30	425.30	435.60	521.30
Peso suelo seco + tara (g)	377.00	344.00	454.30	374.20	387.00	456.30
Peso de tara (g)	52.00	52.00	54.00	55.00	55.00	55.00
Peso de agua (g)	48.00	46.20	58.00	51.10	48.60	65.00
Peso de suelo seco (g)	325.00	292.00	400.30	319.20	332.00	401.30
Contenido de humedad (%)	14.8	15.8	14.5	16.0	14.6	16.2
Densidad seca (g/cm³)	1.829	1.856	1.730	1.773	1.630	1.687

EXPANSIÓN										
FECHA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%
20/10/2020	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
21/10/2020	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
22/10/2020	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
		0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
		0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0

PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 66				MOLDE N° 49				MOLDE N° 52			
		Presion (kg/cm2)	CARGA kg	CORRECCION kg	%	Presion (kg/cm2)	CARGA kg	CORRECCION kg	%	Presion (kg/cm2)	CARGA kg	CORRECCION kg	%
0.000			0				0					0	
0.635		6.2	120.3			5.2	100.3			4.3	83.6		
1.270		10.8	210.6			9.0	175.5			7.5	146.3		
1.905		19.6	380.2			16.3	316.8			13.6	264.0		
2.540	70.45	26.8	520.1			22.3	433.4			18.6	361.2		
3.180		38.3	745.3			32.0	621.1			26.6	517.6		
3.810		48.9	950.0			40.7	791.7			33.9	659.8		
5.080	105.68	62.3	1210.6			51.9	1008.8			43.2	840.7		
7.620		66.9	1301.0			55.8	1084.2			46.5	903.5		
10.160													
12.700													

Referencia:

- ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)
- Máquina de Ensayos CBR (escala 5000 kgf), Unidades de medida: SI
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular de 49.75 mm
- Celda de Carga Tipo "S": S-OL-M2D023579
- Sobrecarga de Saturación y Penetración: Dos pesas circulares de 150,81 mm de diámetro y masa total de 4,55 kg.

Elaborado por:
Miguel Ángel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

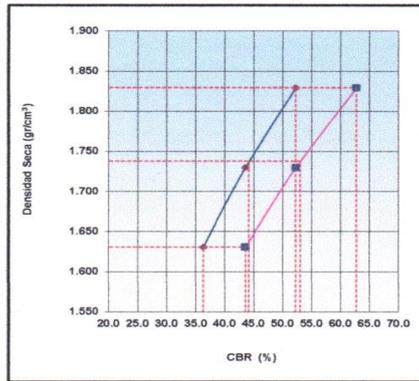
Firma:




 <p>R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 15.01</u>		CF: Ing - IF - S - PN VF: 01 FEF: 07/09/2020
	Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020" Fecha emisión informe: 30/10/2020 Ubicación: Huamachuco		

CBR DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA		
MUESTRA	: C1-M1	CENIZA : 24.0%
PROF. (m)	: 0.00-0.150	SUCS : ML AASHTO : A-4 (0)

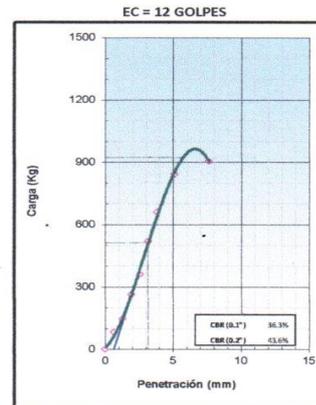
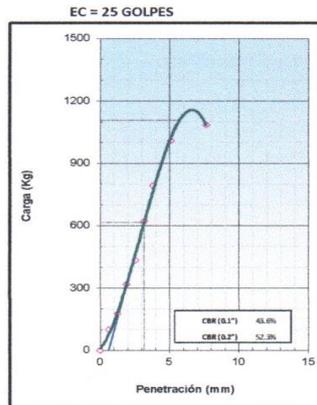
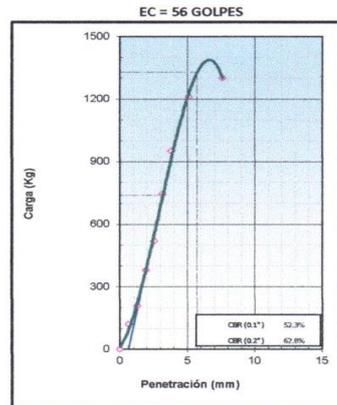


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.829
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.6
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.738

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 52.3	0.2": 62.8
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 44.2	0.2": 53.1

RESULTADOS (0.2"):
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 62.8 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 53.1 (%)

RESULTADOS (0.1"):
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 52.3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 44.2 (%)



Referencia:

- ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ftbf/ft³ (2700 kN-m/m³)
- Maquina de Ensayos CBR (escala 5000 kgf), Unidades de medida: SI
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular de 49.75 mm
- Celda de Carga Tipo "S": S-OL-MZD023579
- Sobrecarga de Saturación y Penetración: Dos pesas circulares de 150,81 mm de diámetro y masa total de 4,55 kg.

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



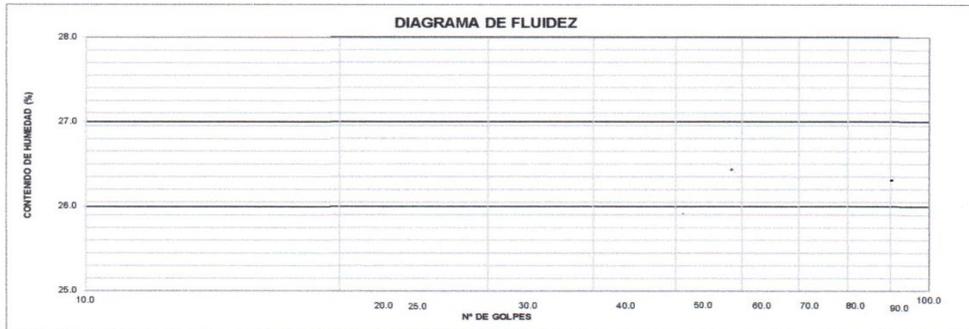
 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 17</u></p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN</p> <p>VF: 01</p> <p>FEF: 07/09/2020</p>	
	<p>Solicitante: Ríos Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p>	<p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p>	
	<p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>		

**LÍMITES DE ATTERBERG
MTC E 110 & E 111 - 2016**

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1-M1	CENIZA : 28.0%
PROF (m) : 0.00-0.150	

LÍMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2016)			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO		N.P.	
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
Nº DE GOLPES			

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO		N.P.	
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LIQUIDO (%)		N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (%)		N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)		N.P.

OBSERVACIONES
La muestra fue proporcionada por el solicitante. Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40. Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.

Equipos utilizados

- Balanza BAL-01: OHAUS - CMM-243-2019 (15-04-19)
- Horno METROTEST-01: CTM-112-2019 (15-04-19)
- Copa Casagrande CCG-01: Pinzuar-CLM-386-2019 (15-04-2019)



Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

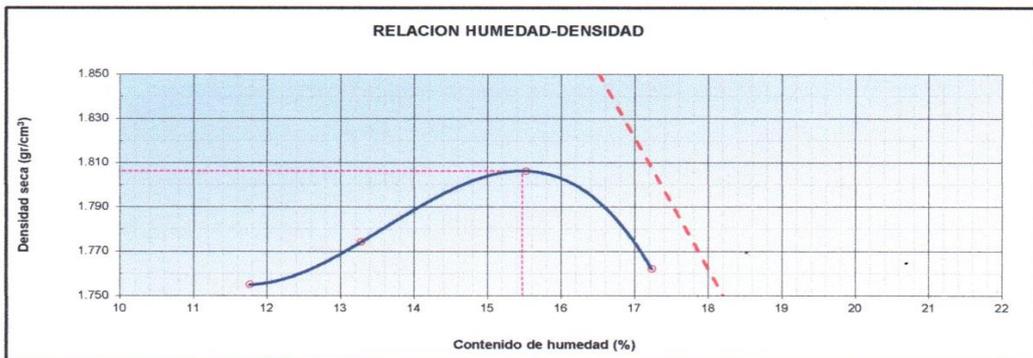
 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 19</p>		<p>CF: Ing - IF - S - PN</p> <p>VF: 01</p> <p>FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton</p> <p>Institución: Universidad César Vallejo</p> <p>Especialidad: Ingeniería Civil</p>		
<p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p>			
<p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p>			
<p>Ubicación: Huamachuco</p>			

COMPACTACIÓN DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)
MTC E 115 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1-M1	CENIZA: 28.0%
PROFUNDIDAD : 0.00-0.150	SUCS : ML
	AASHTO : A-4 (0)

MÉTODO : C

COMPACTACIÓN					
Peso suelo + molde	gr	10641.00	10745.00	10910.00	10865.00
Peso molde	gr	6428.00	6428.00	6428.00	6428.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4213.00	4317.00	4482.00	4437.00
Volumen del molde	cm ³	2148.00	2148.00	2148.00	2148.00
Peso volumétrico húmedo	gr	1.96	2.01	2.09	2.07
Peso del suelo húmedo+tara	gr	652.30	545.30	625.30	510.30
Peso del suelo seco + tara	gr	587.00	485.00	545.30	440.00
Tara	gr	32.00	31.00	30.00	32.00
Peso de agua	gr	65.30	60.30	80.00	70.30
Peso del suelo seco	gr	555.00	454.00	515.30	408.00
Contenido de agua	%	11.77	13.28	15.52	17.23
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.755	1.774	1.806	1.762
Gravedad Específica (gr/cm ³)		2.357	Densidad máxima (gr/cm ³)		1.806
			Humedad óptima (%)		15.5



Referencia

- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft/lbf/ ft³ (2700 kN-m/m³)

Observaciones:

- Método Seco.

- Pison Manual.

- Pasante la 3/4

- Método de Gravedad Específica MTC E 205 y MTC E 206.

Elaborado por:
Miguel Ángel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 66346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 20</u></p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN</p> <p>VF: 01</p> <p>FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

CBR DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1-M1	CINEZA : 28.0%
PROF. (m) : 0.00-0.150	SUCS : ML AASHTO : A-4 (0)

COMPACTACIÓN

	38		13		40	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	38		13		40	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12190.00	12285.00	11578.00	11720.00	11775.00	11911.00
Peso de molde (g)	7873.00	7873.00	7513.00	7513.00	7942.00	7942.00
Peso del suelo húmedo (g)	4317.00	4412.00	4065.00	4207.00	3833.00	3969.00
Volumen del molde (cm³)	2071.35	2071.35	2057.75	2057.75	2065.90	2065.90
Densidad húmeda (g/cm³)	2.084	2.130	1.975	2.044	1.855	1.921
Peso suelo húmedo + tara (g)	407.00	372.00	420.00	392.30	395.00	375.00
Peso suelo seco + tara (g)	360.00	324.00	370.00	340.20	349.00	326.00
Peso de tara (g)	54.00	44.00	53.00	42.00	52.00	45.00
Peso de agua (g)	47.00	48.00	50.00	52.10	46.00	49.00
Peso de suelo seco (g)	306.00	280.00	317.00	298.20	297.00	281.00
Contenido de humedad (%)	15.4	17.1	15.8	17.5	15.5	17.4
Densidad seca (g/cm³)	1.807	1.818	1.706	1.740	1.607	1.636

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%
20/10/2020	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
21/10/2020	24	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
22/10/2020	48	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
		0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
		0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 38			MOLDE N° 13			MOLDE N° 40		
		Presion (kg/cm2)	CARGA kg	CORRECCION %	Presion (kg/cm2)	CARGA kg	CORRECCION %	Presion (kg/cm2)	CARGA kg	CORRECCION %
0.000			0			0			0	
0.635		5.7	110.2		4.7	91.8		3.9	76.5	
1.270		24.2	470.2		20.2	391.8		16.8	326.5	
1.905		42.8	832.4		35.7	693.7		29.7	578.1	
2.540	70.45	59.0	1146.2		49.1	955.2		40.9	796.0	
3.180		74.4	1447.2		62.0	1206.0		51.7	1005.0	
3.810		75.1	1460.0		62.6	1216.7		52.2	1013.9	
5.080	105.68	82.6	1605.0		68.8	1337.5		57.3	1114.6	
7.620		94.2	1832.0		78.5	1526.7		65.5	1272.3	
10.160										
12.700										

Referencia:

- ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)
- Máquina de Ensayos CBR (escala 5000 kgf), Unidades de medida: SI
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular de 49.75 mm
- Celda de Carga Tipo "S": S-OL-M2D023579
- Sobrecarga de Saturación y Penetración: Dos pesas circulares de 150,81 mm de diámetro y masa total de 4,55 kg.

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Hueyney
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

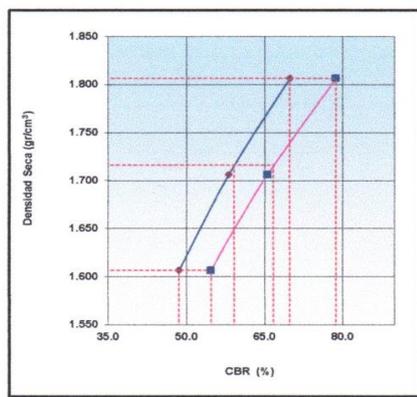
Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 20.01</u></p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN VF: 01 FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Ríos Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132 - 2016**

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1-M1	CINEZA : 28.0%
PROF. (m) : 0.00-0.150	SUCS : ML AASHTO: A-4 (0)

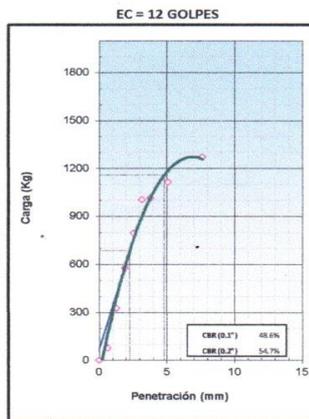
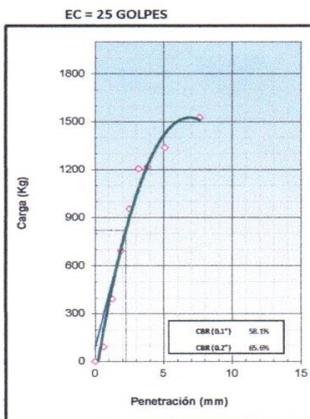
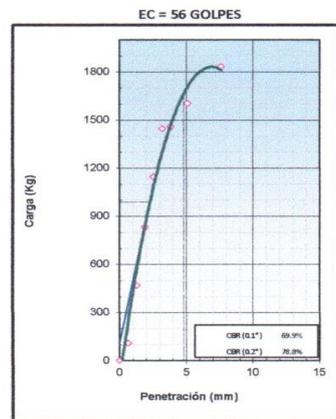


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.806
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.5
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.716

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 69.9	0.2": 78.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 59.2	0.2": 66.8

RESULTADOS (0.2"):
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 78.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 66.8 (%)

RESULTADOS (0.1"):
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 69.9 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 59.2 (%)



Referencia:

- ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ftlb/ft3 (2700 kN-m/m3)
- Máquina de Ensayos CBR (escala 5000 kgf), Unidades de medida: SI
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular de 49.75 mm
- Celda de Carga Tipo "S": S-OL-M2D023579
- Sobrecarga de Saturación y Penetración: Dos pesas circulares de 150,81 mm de diámetro y masa total de 4,55 kg.

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



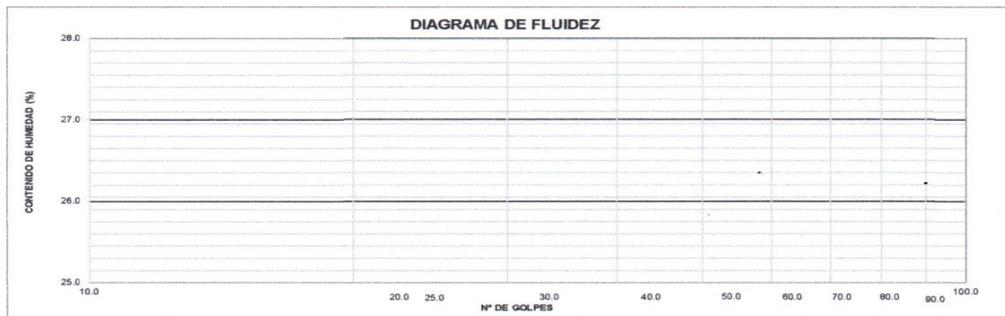
 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 22</u></p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN VF: 01 FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

**LÍMITES DE ATTERBERG
MTC E 110 & E 111 - 2016**

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1-M1	CENIZA : 32.00%
PROF (m) : 0.00-1.50	

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)	
Nº TARRO	
TARRO + SUELO HÚMEDO	
TARRO + SUELO SECO	
AGUA	N.P.
PESO DEL TARRO	
PESO DEL SUELO SECO	
% DE HUMEDAD	
Nº DE GOLPES	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
Nº TARRO	
TARRO + SUELO HÚMEDO	
TARRO + SUELO SECO	
AGUA	N.P.
PESO DEL TARRO	
PESO DEL SUELO SECO	
% DE HUMEDAD	



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (%)	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	N.P.

OBSERVACIONES
La muestra fue proporcionada por el solicitante. Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40. Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.

Equipos utilizados

- Balanza BAL-01: CHAUS - CMM-243-2019 (15-04-19)
- Horno METROTEST-01: CTM-112-2019 (15-04-19)
- Copla Casagrande CCG-01: Pinzuar-CLM-386-2019 (15-04-2019)

Elaborado por:
Miguel Ángel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



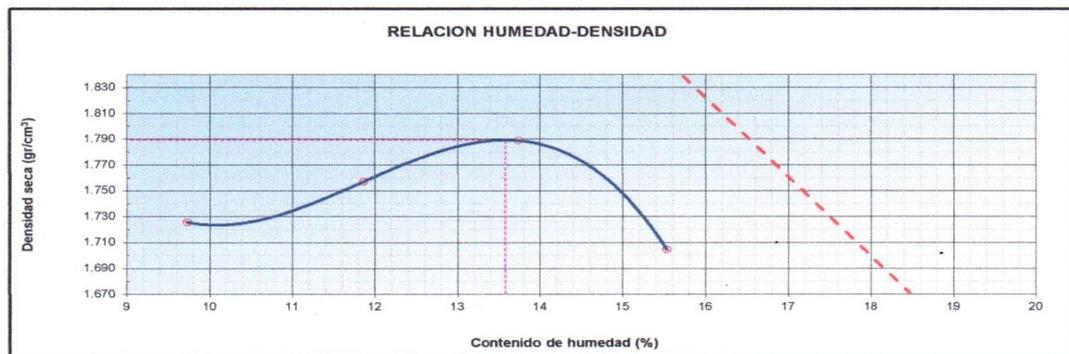
 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 24</u></p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN</p> <p>VF: 01</p> <p>FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Rios Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amilcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

**COMPACTACIÓN DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)
MTC E 115 - 2016**

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: C1-M1
PROFUNDIDAD	: 0.00-1.50
	CENIZA: 32.0%
	SUCS: ML
	AASHTO: A-4 (0)

MÉTODO : C

COMPACTACIÓN					
Peso suelo + molde	gr	10495.00	10650.00	10798.00	10658.00
Peso molde	gr	6428.00	6428.00	6428.00	6428.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4067.00	4222.00	4370.00	4230.00
Volumen del molde	cm ³	2148.00	2148.00	2148.00	2148.00
Peso volumétrico húmedo	gr	1.89	1.97	2.03	1.97
Peso del suelo húmedo+tara	gr	335.00	449.00	524.00	455.00
Peso del suelo seco + tara	gr	310.00	407.00	467.00	398.00
Tara	gr	53.00	53.00	52.00	31.00
Peso de agua	gr	25.00	42.00	57.00	57.00
Peso del suelo seco	gr	257.00	354.00	415.00	367.00
Contenido de agua	%	9.73	11.86	13.73	15.53
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.726	1.757	1.789	1.705
Gravedad Específica (gr/cm ³)		2.357	Densidad máxima (gr/cm ³)		1.789
			Humedad óptima (%)		13.6



Referencia

- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ftlb/ ft³ (2700 kN-m/m³)

Observaciones:

- Método Seco.
- Pison Manual.
- Pasante la 3/4
- Método de Gravedad Específica MTC E 205 y MTC E 206.

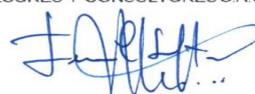
Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS	CF: Ing - IF - S - PN
	<u>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 25</u>	VF: 01
		FEF: 07/09/2020
Solicitante: Ríos Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amílcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil		
Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"		
Fecha emisión informe: 30/10/2020		
Ubicación: Huamachuco		

CBR DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1-M1	CENIZA : 32.0%
PROF. (m) : 0.00-1.50	SUCS : ML
	AASHTO: A-4 (0)

COMPACTACIÓN

	17		50		54	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	17		50		54	
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12275.00	12350.00	11890.00	12015.00	11135.00	11278.00
Peso de molde (g)	8060.00	8060.00	7887.00	7887.00	7357.00	7357.00
Peso del suelo húmedo (g)	4215.00	4290.00	4003.00	4128.00	3778.00	3921.00
Volumen del molde (cm ³)	2068.63	2068.63	2084.99	2084.99	2084.99	2084.99
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.038	2.074	1.920	1.980	1.812	1.881
Peso suelo húmedo + tara (g)	465.00	540.32	462.00	673.00	429.00	589.00
Peso suelo seco + tara (g)	415.00	477.00	413.00	592.00	383.00	518.00
Peso de tara (g)	53.00	53.00	52.00	53.00	52.00	51.00
Peso de agua (g)	50.00	63.32	49.00	81.00	46.00	71.00
Peso de suelo seco (g)	362.00	424.00	361.00	539.00	331.00	467.00
Contenido de humedad (%)	13.8	14.9	13.6	15.0	13.9	15.2
Densidad seca (g/cm ³)	1.790	1.804	1.690	1.721	1.591	1.632

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%
20/10/2020	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
21/10/2020	24	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
22/10/2020	48	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
		0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
		0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 17				MOLDE Nº 50				MOLDE Nº 54				
		Presion [kg/cm2]	CARGA kg	CORRECCION kg	%	Presion [kg/cm2]	CARGA kg	CORRECCION kg	%	Presion [kg/cm2]	CARGA kg	CORRECCION kg	%	
0.000			0			0					0			
0.635		6.7	130.0			5.6	108.3			4.6	90.3			
1.270		16.2	315.6			13.5	263.0			11.3	219.2			
1.905		32.2	625.3			26.8	521.1			22.3	434.3			
2.540	70.45	43.8	851.2			36.5	709.3			30.4	591.1			
3.180		54.1	1051.3			45.1	876.1			37.6	730.1			
3.810		65.3	1270.0			54.4	1058.3			45.4	881.9			
5.080	105.68	68.7	1335.0			57.2	1112.5			47.7	927.1			
7.620		76.2	1481.0			63.5	1234.2			52.9	1028.5			
10.160														
12.700														

Referencia:

- ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ftlb/ft³ (2700 kN-m/m³)
- Máquina de Ensayos CBR (escala 5000 kgf), Unidades de medida: SI
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular de 49.75 mm
- Celda de Carga Tipo "S": S-OL-M2D02379
- Sobrecarga de Saturación y Penetración: Dos pesas circulares de 150,81 mm de diámetro y masa total de 4,55 kg.

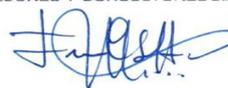
Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

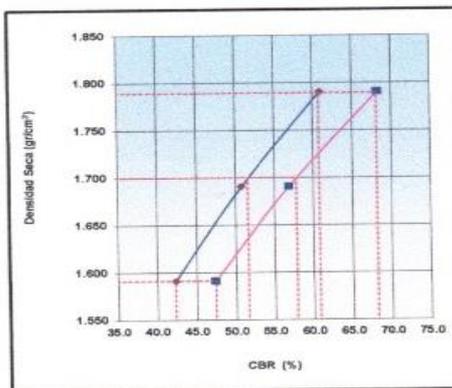
Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p>Ing - IF - S - RVNW/NVAM - 2020 - 25.01</p>	<p>CF: Ing - IF - S - PN</p> <p>VF: 01</p> <p>FEF: 07/09/2020</p>
	<p>Solicitante: Ríos Vilca Natali Wendoli y Neyra Vasquez Amílcar Milton Institución: Universidad César Vallejo Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Influencia de la cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco La Libertad 2020"</p> <p>Fecha emisión informe: 30/10/2020</p> <p>Ubicación: Huamachuco</p>	

CBR DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132 - 2016

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : C1-M1	CENIZA : 32.0%
PROF. (m) : 0.00-1.50	SUCS : ML
	AASHTO : A-4 (0)

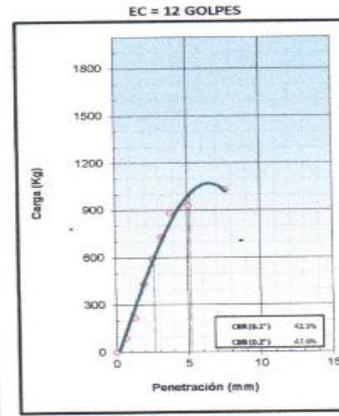
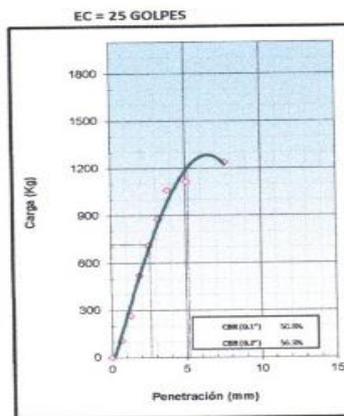
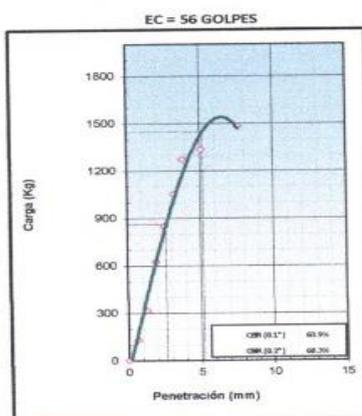


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.789
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13.6
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.700

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 60.8	0.2": 68.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 51.6	0.2": 57.9

RESULTADOS (0.2"):
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 68.2 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 57.9 (%)

RESULTADOS (0.1"):
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 60.8 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 51.6 (%)

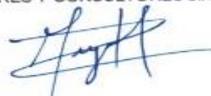


Referencia:

- ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ftlb/ft³ (2700 kN-m/m³)
- Máquina de Ensayos CBR (escala 5000 kgf), Unidades de medida: SI
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular de 49.75 mm
- Celda de Carga Tipo "S": S-DL-M2D023579
- Sobrecarga de Saturación y Penetración: Dos pesas circulares de 150,81 mm de diámetro y masa total de 4,55 kg.

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




ANEXO 5: Ejecución de Calicatas en campo.



Foto de la ejecución calicata C1-M1.
Fuente: Elaboración propia.



Foto Profundidad de las calicatas 1.5 m.
Fuente: Elaboración propia.



Foto de la calicata C2-M1.
Fuente: Elaboración propia.



Foto de las Cenizas de Carbón Mineral.
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 6: Ensayos de Limites de Atterberg, laboratorio Asesores y consultores S.A.C.



Foto de Ranura en la muestra.

Fuente: Elaboración propia.



Foto de la Determinación IP y LP.

Fuente: Elaboración propia.



Foto de la Copa de Casagrande.

Fuente: Elaboración propia.



Foto de las Muestras del suelo.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 7: Ensayo de Proctor Modificado, Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.

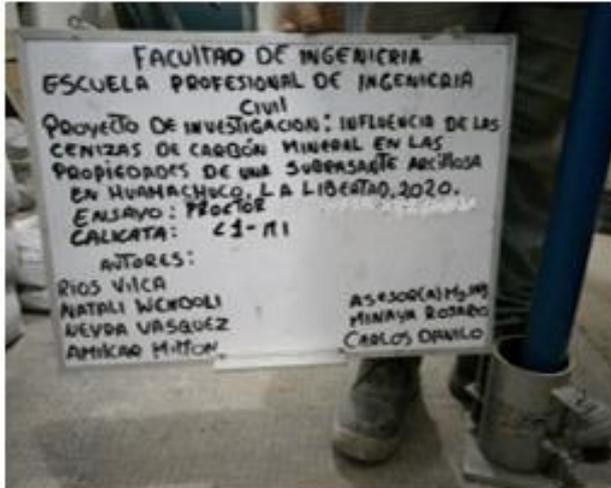


Foto del Ensayo Proctor Modificado.

Fuente: Elaboración propia.

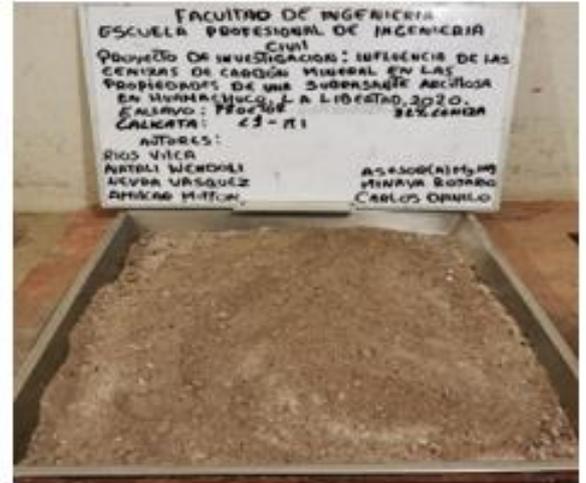


Foto de la Mezcla de muestra para Proctor Modificado.

Fuente: Elaboración propia.



Foto de Compactación de Proctor Modificado muestra natural.

Fuente: Elaboración propia.



Foto del Ensayo Proctor Modificado muestra natural+24% de CCM.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 8: Ensayo CBR en, Laboratorio Asesores y consultores S.A.C.



Foto de las probetas de Ensayo CBR 24, 28, 32%.

Fuente: Elaboración propia.



Foto del Peso de la probeta compactada.

Fuente: Elaboración propia.



Foto de Penetración de energía modificada.

Fuente: Elaboración propia.



Foto Prensa para ensayo de CBR.

Fuente: Elaboración propia.

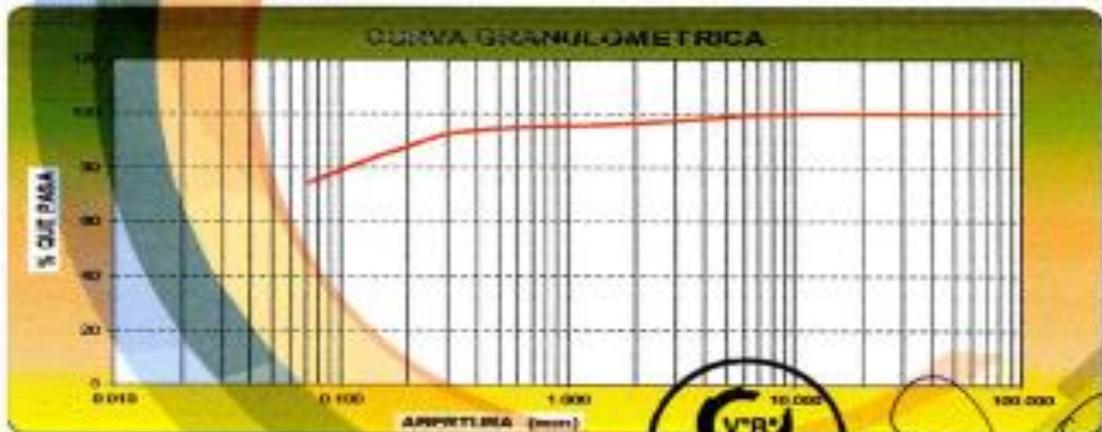
ANEXO 9: Estudio de suelos de las Pampas de Purrumpampa de la ciudad de Huamachuco, zona aledaña a donde se realizó el proyecto de investigación, presencias de suelos arcillosos.

Análisis granulométrico por tamizado.



R.U.C. N° 20560195614
 LABORATORIO GEOTÉCNICO, MECÁNICA DE MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTOS, ESTUDIOS Y ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA; CONSULTORÍA Y EJECUCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS Y PRIVADAS, ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE PRE INVERSIÓN, ALQUILER DE EQUIPOS Y MAQUINARIA PARA CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO ASTM D-422						
PROYECTO:		PUESTA EN VALOR DE LAS PAMPAS DE PURRUMPAMPA, CIUDAD DE HUAMACHUCO, PROVINCIAL DE SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD				
SOLICITANTE:		MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SANCHEZ CARRION				
J- LABORATORIO:		ING. JUAN FRANCISCO LOYOLA MORALES				
CALCATA:		N° 8	MUESTRA:		S-1	ESPERADO: 0.20 - 0.80 M
UBICACIÓN:		DEP. LA LIBERTAD	PROV. SANCHEZ CARRION			
FECHA:		FEBRERO 2015	DIST. HUAMACHUCO			
DATOS DEL ENSAYO						
PESO SECO INICIAL (gr.)		1000.00				
PESO SECO LA VALDO (gr.)		281.87				
PESO PERDIDO POR LA VALDO (gr.)		718.13				
Tamizaje ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	Tamizaje Parcial	Tamizaje Acumulado	% que Pasa	LIBRES INDICES DE CONSISTENCIA
2"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
1.50"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquida 95.00
1"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástica 24.72
0.75"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad 30.38
0.6"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS CH
0.425"	18.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO A-7-6 (18)
0.3"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	
0.25"	6.350	1.85	0.18	0.18	99.82	CONTENIDO DE HUMEDAD
0.15"	3.350	3.43	0.38	0.63	99.47	W ₁₀₀ 54.72
0.075"	4.750	11.52	1.15	1.68	98.32	OBSERVACIONES
0	2.350	31.60	1.48	3.14	96.86	Acillas inorgánicas de plasticidad media.
0.075"	2.000	2.85	0.29	3.43	96.57	
0.075"	1.180	8.65	0.87	4.29	95.71	
0.075"	0.850	2.62	0.28	4.58	95.45	
0.075"	0.600	4.95	0.53	5.05	94.95	
0.075"	0.425	8.78	0.88	5.93	94.08	
0.075"	0.300	14.35	1.43	7.36	92.65	
0.075"	0.250	18.65	1.87	9.22	90.79	
0.075"	0.180	42.00	4.20	13.42	86.58	
0.075"	0.150	19.45	1.95	15.37	84.63	
0.075"	0.075	98.25	9.63	25.00	74.90	
< 0.075"		718.13	74.80	100.00	0.00	
Total		1000.00				



GEOTERRA
 V.B.
 Juan Francisco Loyola Morales
 INGENIERO CIVIL
 CONSULTOR
 D.P. 11830

ANEXO 10: Clasificación de suelos.



GEOTERRA
SUELOS CONCRETO PAVIMENTOS AGUA

R.U.C. N° 20560195614
LABORATORIO GEOTÉCNICO, MECÁNICA DE MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTOS, ESTUDIOS Y ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA; CONSULTORIA Y EJECUCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS Y PRIVADAS, ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE PRE INVERSIÓN, ALQUILER DE EQUIPOS Y MAQUINARIA PARA CONSTRUCCIÓN

INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

"PUESTA EN VALOR DE LAS PAMPAS DE PURRUMPAMPA, DISTRITO DE HUAMACHUCO, PROVINCIA DE SANCHEZ CARRION – LA LIBERTAD"

SOLICITANTE:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SANCHEZ CARRION

CALICATA N°8

0.00 – 0.15 m. Material Orgánico con cobertura Vegetal, color marrón oscuro, presencia de raíces y demás elementos orgánicos.

0.15 – 0.80 m. Estrato compuesto por arcillas inorgánicas de plasticidad media, clasificado en el sistema "SUCS", como un suelo "CH". según las siguientes características.

CALICATA	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	% DE HUMEDAD
C8	CH	A-7-6 (18)	55.00	24.72	54.70%

Presencia de agua subterránea al 0.80 mts.



GEOTERRA



Juan Francisco Loyola Morales
INGENIERO CIVIL
CONSULTOR
CIP 119928

JR. SUCRE N° 635 - HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

Tel: (+51) 947854238 - *573701 - (+51) 949660228 - *570228 E-mail: geoterraingenieria@yahoo.com



GEOTERRA