



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estabilidad de Suelos arcillosos con fines de pavimentación
incorporando ceniza de carbón mineral en camino Chamis -
Cahuadan, Huamachuco, 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Paredes Villanueva, Segundo Moises ([orcd.org/0000-0003-4344-4384](https://orcid.org/0000-0003-4344-4384)).

Vargas Huamanquispe, Julio César ([orcd.org/0000-0001-5604-1950](https://orcid.org/0000-0001-5604-1950))

ASESOR:

Dr. Castillo Chávez, Juan Humberto ([orcd.org/0000-0002-4701-3074](https://orcid.org/0000-0002-4701-3074))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LÍNEAS DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático.

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en nuestra vida.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí.

A nuestras hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias a nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión. A nuestro asesor Dr. Castillo Chávez, Juan Humberto por todo su apoyo durante el desarrollo de nuestra tesis.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5. Procedimientos	17
3.6. Método de análisis de datos	18
3.7. Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS	20
V. DISCUSIÓN.....	29
VI. CONCLUSIONES	33
VII. RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS.....	41

Índice de tablas

Tabla 1. Abertura de cada tamiz para ensayos de Granulometría.....	10
Tabla 2. Clasificación de suelos AASHTO M145 - ASTM D 3282	10
Tabla 3. Clasificación de los suelos según su plasticidad	12
Tabla 4. Tipologías de Subrasante.....	13
Tabla 5. Resultados de la granulometría del suelo patrón.....	20
Tabla 6. Resultados del análisis de plasticidad del suelo patrón	21
Tabla 7. Resumen del ensayo Protor Modificado del suelo patrón	22
Tabla 8. Análisis granulométrico con agregaciones de CCM.....	24
Tabla 9. Resultados de Plasticidad del suelo con agregaciones de CCM	24
Tabla 10. Resumen del ensayo Protor modificado con agregaciones de CCM	25
Tabla 11. Resumen de ensayo Protor modificado con 10% y 15% de CCM	28
Tabla 12. Resumen de ensayo Protor modificado con la adición optima	32

Índice de gráficos y figuras

Gráfico 1. Curva de Compactación	22
Gráfico 2. Curva CBR – Densidad del suelo patrón	23
Gráfico 3. Curva CBR - Densidad con incorporación del 5% CCM.....	26
Gráfico 4. Curva CBR - Densidad con la incorporación del 10% CCM	27
Gráfico 5. Curva CBR - Densidad incorporando el 15% CCM	27

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la incorporación de CCM en la estabilización de suelos arcillosos con fines de pavimentación del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022. Estudio aplicado – cuantitativa - explicativo – experimental; donde se utilizó como técnica la observación en laboratorio y como instrumento fichas de observación, las cuales fueron validados por 3 ingenieros civiles. Se trabajo con muestras extraídas de 8 calicatas, las mismas que se les incorporo CCM en porcentajes del 0%, 5%, 10% y 15% del peso de la muestra, estas fueron ensayadas en el laboratorio GEOTEC VIAL S.A.C., para la obtención de su granulometría, plasticidad, Protor modificado y CBR. Resultados: El suelo patrón se clasifica como una arcilla ligero arenosa, con IP = 14.98, y CBR= 1.93%; la incorporación de CCM baja la plasticidad de 10.87% - 9.92%, en cuanto a la resistencia del material este pasa de CBR=1.93% suelo patrón a 3.05% con 5% de incorporación de CCM, 3.87% con 10% CCM y al 5.22% agregando el 15% de CCM. Conclusión: La incorporación de CCM incide de manera no muy significativa sobre la estabilidad del suelo de la subrasante del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco.

Palabras clave: Ceniza de carbón mineral, estabilización de suelos, subrasante, arcillas, CBR.

Abstract

The objective of the study was to determine the effect of the incorporation of CCM in the stabilization of clay soils for the purpose of paving the road Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022. Applied study - quantitative - explanatory - experimental; where laboratory observation was used as a technique and observation sheets as an instrument, which were validated by 3 civil engineers. Work was carried out with samples extracted from 8 test pits, the same ones that were incorporated CCM in percentages of 0%, 5%, 10% and 15% of the weight of the sample, these were tested in the GEOTEC VIAL S.A.C. laboratory, to obtain its granulometry, plasticity, modified Protor and CBR. Results: The standard soil is classified as a light sandy clay, with IP = 14.98, and CBR= 1.93%; the incorporation of CCM lowers the plasticity from 10.87% - 9.92%, in terms of the resistance of the material, this goes from CBR=1.93% standard soil to 3.05% with 5% incorporation of CCM, 3.87% with 10% CCM and 5.22 % adding 15% CCM. Conclusion: The incorporation of CCM has a not very significant impact on the stability of the soil of the subgrade of the Chamis - Cahuadan, Huamachuco road.

Keywords: Coal ash, soil stabilization, subgrade, clays, CBR.

I. INTRODUCCIÓN

Para que un país mejore su competitividad, deberá superar la problemática que tienen en infraestructura vial, es común denominador ver en particular en las economías sub desarrolladas caminos de acceso hacia las zonas rurales en pésimo estado, presentan deformaciones (hundimientos, agrietamientos), provocan polvaredas, lo cual los hace intransitables, lo cual dificulta la salida de la producción agroganadera hacia los principales mercados de los productores de estas zonas, lo cual les genera pérdida de competitividad y por ende un pobre desarrollo económico (Banco Interamericano de Desarrollo, 2021).

Los suelos inestables son un problema con el cual tiene que lidiar en particular la rama de la ingeniería civil, ya que en muchos de los casos estos no cumplen con la características físicas y mecánicas apropiadas para ser usados en pavimentos, o edificaciones, estos carecen de resistencia, son permeables, tienden al hinchamiento, lo cual acelera el desgaste y su degradación temprana (Villacorta y Moreno, 2020).

Existen normas técnicas y métodos que los civiles toman en cuenta a la hora de estabilizar un suelo (Villavicencio, 2021). Así, por ejemplo, en Perú, se tiene al Reglamento Nacional de edificaciones (RNE), donde se definen las especificaciones técnicas que deben tomarse en consideración en los trabajos de estabilización de suelos (Norma CE 020). Entre los métodos de estabilización de suelos más comunes tenemos: los mecánicos (compactación) y químicos (suelo con: cal, cemento, cloruros, cenizas de carbón mineral, de arroz y otros desechos industriales), con el fin de mejorar las propiedades de los suelos inestables. Hay que recalcar que el método de estabilización variara en función de las condiciones naturales del terreno. Para ello se hace imprescindibles evaluaciones adecuadas de sus propiedades, antes de realizar cualquier tipo de estabilización.

Varias investigaciones ponen en evidencia la problemática de la infraestructura vial en el Perú, y los efectos que tiene sobre los pueblos, incidencia más notoria

en zonas rurales, donde muchos de sus habitantes no logran salir de la pobreza, debido a su baja productividad y escaso acceso de servicios básicos que llegan a estas zonas (Banco Interamericano de Desarrollo , 2021). Todo ellos ocasionado por la deficiente conectividad vial, la cual en épocas de lluvias se torna intransitable en muchas de las zonas rurales del país.

Uno de entre tantos caminos en mal estado de la zona rural de país, es el camino Chamis - Cahuadan, ubicado en la provincia de Huamachuco, el cual presenta una subrasante pobre en resistencia, con permeabilidad elevada, hinchamiento, lo cual ha llevado a dicho camino a deformarse y volverse en alguno de sus tramos intransitable, más aún en los meses lluviosos, donde se hacen más evidentes los lodos. Como consecuencia de la problemática planteada es que los productores que están tanto a la margen derecha e izquierda de este camino, se ven perjudicados, ya que los costos del transporte se ven incrementar cuando salen con sus productos hacia las ciudades, lo cual incide negativamente sobre su productividad y afecta por ende su crecimiento económico sostenido.

Ante ello, surge la necesidad de estabilizar este camino mediante la incorporación de materiales alternativos, como lo es la ceniza de carbón mineral (CCM), la misma que puede ser obtenida de los hornos industriales de ladrilleras asentadas en el entorno del ámbito de estudio.

El problema expuesto líneas arriba, llevo a plantear la pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de la incorporación de CCM en la estabilización de suelos arcillosos con fines de pavimentación del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022? Además, se plantearon las interrogantes secundarias: ¿Cuáles son las propiedades mecánicas y físicas del suelo patrón del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022?, ¿Qué efectos tiene la incorporación de cenizas de carbón mineral en las propiedades mecánicas y físicas del suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022?, ¿Cuál es el porcentaje óptimo de incorporación de cenizas de carbón mineral para estabilizar el suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022?

La estabilización de suelos se justificó en la medida que aporta en los aspectos técnicos, sociales, económicos y ambientales.

En lo técnico, aportó una alternativa viable para la mejora de las características físico – mecánicas de la subrasante, específicamente su capacidad de resistencia del material de la subrasante.

En lo social, se beneficiaron los pobladores, ya que una sociedad interconectada, con buenos caminos de salida hacia los principales mercados, genera mayor desarrollo socioeconómico.

La factibilidad económica se sustenta en que la CCM se obtiene de hornos industriales de ladrilleras asentadas en Huamachuco, insumo de bajo costo, el cual mejora la transitabilidad, aumentando la productividad de los productores asentados en este ámbito de estudio, lo cual incide sobre su economía, debido a los menores costos del transporte, y la baja de número de accidentes.

En lo ambiental, por la reutilización de CCM, las mismas que expuestas, generan grandes problemas de salud y medioambientales, tales como cánceres, disminución del coeficiente intelectual, deformación en niños y especies del mar y fauna.

La investigación tuvo como objetivo principal: Determinar el efecto de la incorporación de CCM en la estabilización de suelos arcillosos con fines de pavimentación del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022. Para el logro del objetivo general se hizo necesario los siguientes objetivos específicos: (i) Determinar las propiedades mecánicas y físicas del suelo patrón del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022. (ii) Determinar los efectos que tiene la incorporación de cenizas de carbón mineral en las propiedades mecánicas físicas del suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022. (iii) Determinar el porcentaje óptimo de incorporación de cenizas de carbón mineral para estabilizar el suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022.

Así también se hizo el planteamiento de la hipótesis general: Los efectos de la incorporación de CCM en la estabilización de suelos arcillosos con fines de pavimentación del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022, son significativos. Las hipótesis generales fueron: (i) Las propiedades mecánicas y

físicas del suelo patrón del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022 son deficientes. (ii) Los efectos que tiene la incorporación de cenizas de carbón mineral en las propiedades mecánicas y físicas del suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022, son positivos. (iii) El porcentaje óptimo de incorporación de cenizas de carbón mineral para estabilizar el suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022 será el 10%.

II. MARCO TEÓRICO

Al revisar la literatura, se hace evidente las mejoras en las características mecánicas de los suelos mediante la estabilización de suelos inestables, haciendo uso de desechos químicos del sector industrial. En el ámbito internacional se han encontrado estudios como los de:

Cañar y Pérez (2017), que evalúan la conducta mecánica de suelos arenosos finos y arcillosos, adicionando CCM. La investigación fue aplicada, enfocada en el positivismo, de diseño experimental (laboratorio), de nivel explicativo. Se tomo 2 tipos de muestra de suelos: 420.9kg de suelo arenoso fino y 421.7kg de suelo arcilloso, a los mismos que se les realizo ensayos de plasticidad, granulometría, densidad real, Proctor y CBR en sus diferentes diseños: suelo natural, y con adición del 20%, 23 y 25% de cenizas. Los resultados obtenidos fueron que, al combinar un 25% de cenizas de carbón con suelos arenosos finos, estos aumentaron un 4.6% en los ensayos CBR respecto al valor obtenido en suelo natural, y también se obtuvo un ligero aumento de CBR al combinar el 25% de ceniza con la muestra de suelo arcilloso, valor que aumentó del 9.30% al 10.90%. Llegaron a la conclusión de que las cenizas de carbón influyen positivamente en los suelos expansivos, aumentando su CBR y resistencia al corte.

Clavería et al. (2018), realizan una caracterización de la conducta geotécnica de suelos volcánicos, usando estabilizadores como las cenizas de cascara de arroz bagazo cañero. La investigación fue empírica, bajo lineamientos cuantitativos, de laboratorio (experimental), y de alcance explicativo, tomando como muestra tierra de suelos volcánicos a los cuales se les agrega porcentajes de 5%, 10% y 15%, teniendo de referente una muestra patrón. Entre los resultados destaca el incremento de su resistencia (mayor CBR), disminución de su permeabilidad en el suelo arcilloso. Llegando, a concluir que la CBCA provoca un mayor efecto cementante en la subrasante por su naturalidad puzolánica, lo que incide de manera significativa sobre su resistencia.

En el entorno nacional se encontraron las siguientes investigaciones:

Longa y Sánchez (2021), determinan la influencia de incorporar cenizas de carbón sobre las propiedades de la subrasante del AA. HH Ciudad del Niño - Castilla, 2021. La investigación fue empírica, enfocada en lo cuantitativo, de diseño de laboratorio y de nivel explicativo; trabajando con 2 muestras obtenidas de 2 calicatas excavadas sobre la superficie o subrasante; las mismas que fueron ensayadas tanto en estado natural como modificados, con adición de cenizas de carbón en un 5%, 10% y 15%. Los ensayos aplicados a las muestras de suelo consistieron en análisis granulométrico, en Proctor modificado y en CBR. Los resultados demostraron cambios en las propiedades del suelo natural, obteniéndose aumentos significativos de CBR hasta en un 8.1, siendo el porcentaje óptimo el 15%. Llegaron a la conclusión de que, adicionando cenizas de carbón a las muestras, estas tienen un aumento significativo en las propiedades de suelo natural y logran estabilizarlo.

Casas (2021), realizó su estudio con la finalidad de evaluar la influencia de la adición de cenizas de carbón mineral sobre la estabilidad de suelos cohesivos. Investigación aplicada y con enfoque positivista, y de diseño experimental, donde se trabajó con una muestra de suelo patrón de 560 kg que sirvió para conformar los distintos diseños: suelo natural y adiciones de cenizas de carbón en un 3%, 5% y 7% del peso de la muestra. Los ensayos realizados a las muestras de suelo fueron el contenido de humedad, el análisis granulométrico, los límites de consistencia, el equivalente de arena, el Proctor modificado y el CBR. Los resultados obtenidos en el estudio indicaron que la adición de ceniza de carbón mineral provoca un aumento en los valores del CBR, llegando a incrementar de 2.2% en estado natural a 7.5% con la adición del 7%; además hubo un aumento en la humedad óptima de 15.8% a 17.6% y disminución de la máxima densidad seca de 1.569gr/cm³ a 1.469gr/cm³. Concluyó que la ceniza de carbón mineral aumenta las características físicas de los suelos cohesivos.

A nivel local, García y Marquina (2022) realizan su estudio con el objetivo de determinar la influencia de la inclusión de polímeros PET y de cenizas de carbón en las propiedades de suelos cohesivos extraídos de una subrasante destinada a pavimento. Esta investigación de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y de diseño experimental, trabajó con una muestra de 30 probetas en las cuales se tomaron en cuenta los diseños de mezcla suelo natural, adición del 3%, 5% y 10% de PET + cenizas, a los cuales se les realizaron ensayos de suelos para determinar la resistencia a la compresión simple, Proctor y porcentaje de CBR. Los resultados obtenidos demostraron que hubo aumentos favorables en las propiedades base de las muestras de suelo al añadir el 10% de PET + cenizas de carbón consiguiendo una resistencia a compresión de hasta 150.51 Kpa, y un % CBR de hasta un 22.27% respecto a su valor en estado natural el cual fue un CBR de 1.82%. Llegaron a la conclusión de que los polímeros PET y cenizas de carbón mejoran sustancialmente las características mecánicas de suelos cohesivos.

Córdova y Sánchez (2021) realizaron una investigación planteando como objetivo evaluar cual es el efecto que tiene adicionar carbón molido y melaza de caña sobre las propiedades físicas y mecánicas de suelos extraídos de una subrasante de una vía no pavimentada ubicada en el distrito de Laredo, Trujillo. En esta investigación de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y de diseño experimental, se trabajó con una muestra de 104 probetas de suelos, siendo 14 de estas compuestas de suelo natural y 90 de suelo mezclado con carbón molido y con melaza en porcentajes de 3%, 6% y 9%. Los ensayos que se realizaron correspondieron a granulometría, sales solubles totales, contenido de humedad, límites de consistencia, Proctor modificado y CBR. Los resultados obtenidos permitieron afirmar que el carbón molido por sí solo logró aumentar el CBR del suelo, de 6.9 hasta 7.36, siendo el 6% de adición el porcentaje que más aumento obtuvo. Llegaron a la conclusión de que el CBR aumenta con la adición de carbón molido, obteniendo como resultados óptimos en 6%.

Este estudio sustenta sus definiciones y teorías de acuerdo a las siguientes bases teóricas y enfoques conceptuales que se citan a continuación:

El suelo es un conjunto de partículas orgánicas e inorgánicas, sin embargo, es un conjunto con una organización definida y características que cambian “vectorialmente”. Sus características cambian más rápido en la dirección vertical que en la horizontal (Borja, 2016).

Juárez y Rico (2015), definen al suelo como un conjunto de partículas unidas por una cohesión de baja potencia. Otras definiciones orientadas a otros campos profesionales como la agronomía, lo mencionan como la parte superficial de la corteza que sustenta la vida vegetal. En geología, es aquel material intemperizado en la zona donde se encuentra y que contiene material orgánico cercano a la superficie.

El suelo que soporte las cargas transmitidas por la superficie de rodadura debe estar en las condiciones requeridas para resistir; cuando no es así, una solución es cambiar el suelo por un material de préstamo, pero el costo es muy elevado; otra alternativa, es mejorar las características mecánicas de este sin tener que eliminarlo (Behak, 2017). Esta última es denominada estabilización de suelos, la cual se puede dar por métodos físicos, químicos, mecánicos o biológicos para mejorar las propiedades originales de un suelo.

Para Guamán (2016), la subrasante es donde descansan las estructuras viales, estas deberán de contar con propiedades y parámetros de resistencia, plasticidad y granulometría aceptables por norma técnica para ser calificada como buenos los materiales que la componen.

La subrasante tiene propiedades físicas y mecánicas. Las primeras tienen que ver con el tamaño de sus partículas, el cual se determina mediante ensayos de granulometría específicamente, humedad y plasticidad; las mecánicas tienen que ver con la resistencia al soporte de cargas, ello medido en base a los ensayos de Protor Modificado y CBR Gonzales (2018).

Cuando un suelo no cuenta con las características y exigencias mínimas requeridas que estipula la normatividad técnica de la construcción, se tiene que estabilizar el terreno, ello fundamentados en que suelos con baja resistencia tienden a dañar los pavimentos (Massenlli y Paiva, 2019). La estabilidad de suelos se enfoca en la

mejora de la capacidad de soporte del suelo natural, además de disminuir su plasticidad (Rivera et al., 2020).

Entre los métodos de estabilización destacan la estabilización mecánica, que es por medio de compactación; la estabilización química el que hace uso de elementos químicos, con el fin de mejorar las propiedades del suelo patrón, aquí es común ver el uso de químicos como la cal, sales o residuos de productos de la agroindustria, tal es el caso de las cenizas de carbón, entre otras (Chirinos et al., 2021).

La estabilización de suelos usando cenizas de carbón ha obtenido resultados positivos en diferentes países, ya que mejoran las características mecánicas del suelo (Goñas, 2019). El uso de cenizas para estabilizar suelos está regulado por el Departamento de Transportes de los Estados Unidos ya que se ha podido comprobar que mejora la resistencia de las bases, subrasantes y terraplenes de muchos proyectos viales (U.S. Department of Transportation, 2021).

El estudio de suelos tiene como objetivos determinar la calidad de los materiales, identificando los suelos inadecuados o deficientes, ya que estos inciden sobre el deterioro de la infraestructura vial; para ello los ingenieros civiles comprometidos con la mejora de los pavimentos, deben analizar las propiedades mecánicas y físicas del suelo patrón, para ello existen un sin número de ensayos para determinar dichas propiedades, entre los más importantes están: el análisis granulométrico (que brinda información sobre el tamaño particular de los componentes del suelo), los límites de consistencia (que me da a conocer la plasticidad del suelo), el ensayo Proctor modificado y el CBR (que me indica la capacidad de resistencia de los materiales), entre otros (Ovidio, 2019).

El análisis granulométrico se realizó para determinar la cantidad de partículas según su tamaño del suelo. Es decir, determinar los porcentajes del suelo que se quedan en cada tamiz. El procedimiento está estandarizado por la ASTM D-422 o la MTC E107 y consiste en lo siguiente: Se coloca una muestra del suelo en un horno por 24 horas; luego de eso se seleccionan 3 muestras de 2000 gramos cada una; se colocan los tamices en orden decreciente según el tamaño de abertura; se procede a realizar el matizado manualmente; al final se pesan las cantidades de

partículas retenidas en cada tamiz incluyendo el fondo en una balanza analítica; se realiza el procedimiento con las 3 muestras (MTC, 2018).

Tabla 1. Abertura de cada tamiz para ensayos de Granulometría

Tamiz	Aberturas (mm)
3"	75, 000
2"	50, 800
1 ½"	38, 100
1"	25, 400
¾"	19, 000
⅜"	9, 500
N.º 4	4, 760
N.º 10	2, 000
N.º 20	0, 840
N.º 40	0, 425
N.º 60	0, 260
N.º 140	0, 106
N.º 200	0, 075

Tabla 2. Clasificación de suelos AASHTO M145 - ASTM D 3282

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35 % pasa por el tamiz 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	Máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	Máx. 30	Máx. 50	Mín. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	Máx. 15	Máx. 25	Máx. 10	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Mín. 36	Mín. 36	Mín. 36	Mín. 36	Mín. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N°40)												
Características de la fracción que pasa del tamiz (N°40)												
LL: Límite de líquido				Máx. 40	Mín. 41	Máx. 40	Mín. 41	Máx. 40	Mín. 41	Máx. 40	Mín. 41	Mín. 41
IP: Índice de plasticidad	Máx. 6	Máx. 6	NP	Máx. 10	Máx. 10	Mín. 11	Mín. 11	Máx. 10	Máx. 10	Mín. 11	Mín. 11(x)	Mín. 11(x)
Tipo de material	Piedra, gravas y arenas		Arenas finas	Grava y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno						Regular a insuficiente					
(a) Índice de plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.												
(b) Índice de plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL-30.												

Fuente: Manual de carreteras 2018, p. 39.

Los límites de consistencia o de Atterberg determinan la plasticidad, que no es una propiedad permanente de la arcilla, sino que depende del contenido de humedad de la misma. La arcilla seca tiene una consistencia parecida a la de los ladrillos y no tiene plasticidad, y a medida que aumenta el contenido de humedad, la arcilla se vuelve de naturaleza pastosa. Entre estos dos valores extremos, hay un rango de contenido de humedad en el que la arcilla se comporta de forma flexible. Atterberg expresa la plasticidad en dos parámetros: el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP). Atterberg llama a la diferencia entre los valores del límite líquido y el límite plástico el índice de plasticidad (IP) y encuentra que está relacionado con la cantidad de arena añadida (Juarez y Rico, 2015).

$$IP = LL - LP \quad Ec. 1$$

Dónde:

IP = Índice de plasticidad.

LL = Límite líquido.

LP = Límite plástico.

Los ensayos límite se especifican en la norma ASTM D-4318 y en la norma MTC E110-E111. El ensayo de límite líquido se realiza con un aparato de laboratorio de copa Casagrande en el que un recipiente de bronce con un talón de copa del mismo material se hace girar alrededor de un eje fijado al fondo. El vaso gira cíclicamente y golpea el fondo del aparato. La altura de la caída es de 1 cm. La tierra se coloca encima de la taza y se corta un surco trapezoidal. Las ranuras se hacen con una ranuradora de laminado. El límite de líquido se define como la cantidad de humedad del suelo a la que la ranura se cierra a lo largo de 1,27 cm después de 25 golpes en la copa (Juarez y Rico, 2015).

El ensayo de límite plástico se realiza formando un rollo sobre placas de papel o vidrio para acelerar la pérdida de humedad de la muestra. Cuando la probeta tiene aproximadamente 3 mm, se dobla y se vuelve a formar el rollo hasta que se agrieta, momento en el que se mide el contenido de humedad para determinar el límite plástico (Goñas y Saldaña, 2020).

Tabla 3. Clasificación de los suelos según su plasticidad

Índice Plástico	Plasticidad	Características
IP Mayor 20	Alta	S. muy arcillosos
$7 < IP \leq 20$	Media	S. arcillosos
$IP < 7$	Baja	S. poco arcillosos
$IP = 0$	No plástico	S. no arcillados

El ensayo de Proctor modificado se realiza para determinar la relación entre el contenido de humedad y peso unitario seco de los suelos compactados, y su procedimiento está normalizado en la ASTM D-1557 o la MTC – E115. Se procede a cuartear la muestra; se pesa el molde con la base sin el collar superior; luego se mezcla el suelo con un determinado contenido de humedad; se compacta el suelo con 5 capas, donde cada una recibe 25 golpes; se retira el collar y se enrasa el suelo; se toma una muestra representativa del suelo compactado; de cada muestra se obtiene la densidad seca y la humedad de compactación (MTC, 2016).

El ensayo CBR está diseñado para analizar la resistencia potencial de la base de la carretera, el pavimento y la subrasante, y se lleva a cabo mediante un método normalizado por la norma ASTM D-1883 o MTC - E132. El ensayo CBR se mide con el contenido de humedad óptimo para una fuerza de compresión determinada. El procedimiento para las muestras inalteradas es el siguiente: se trabaja en un pozo de prueba de 0,80 x 0,80 m. Se nivela la superficie y se coloca un molde que requiere un anillo de corte. A continuación, se realizó una excavación alrededor del molde para crear presión y cortar la capa de tierra. El molde se sujetó con alfileres hasta que se llenó con las herramientas adecuadas. Por último, una vez relleno el molde, se transporta al laboratorio (MTC, 2016).

Tabla 4. Tipologías de Subrasante

Tipo de Subrasante	% CBR
Inadecuada	< 3%
Pobre	$3\% \leq \text{CBR} < 6$
Regular	$6\% \leq \text{CBR} < 10$
Buena	$10\% \leq \text{CBR} < 20$
Muy Buena	$20\% \leq \text{CBR} < 30$
Excelente	$30\% \leq \text{CBR}$

Adaptado de: Manual de carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2018)

Por otro lado, las cenizas según la Real Academia Española (2021) son un “Polvo de color gris claro que queda después de una combustión completa, y está formado, generalmente, por sales alcalinas y térreas, sílice y óxidos metálicos”, esto quiere decir que es el residuo que se produce a partir de la combustión de una clase o determinado tipo de material. Sus aplicaciones son diferentes, siendo su principal uso en aglomerados de acuerdo a Muñoz et al. (2016).

La ceniza de carbón mineral está compuesta por químicos como el óxido de aluminio 70%, óxido de calcio, dióxido de silicio, óxido de magnesio, trióxido de azufre, y sulfatos (Huaquisito y Quispe, 2018).

Estas cenizas son consideradas como un recurso alternativo, ya que es un material reutilizado del sector industrial, que aporta a los elementos estructurales de los suelos, debido a sus propiedades aportantes a la durabilidad de los materiales en la construcción (Zhen, 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: La investigación puede ser básica o aplicada según su naturaleza, siendo básica cuando está orientada a profundizar los conocimientos existentes y aplicada cuando se utilizan los conceptos y teorías para resolver un problema en concreto (CONCYTEC, 2021). Este estudio es de tipo aplicado porque las teorías propuestas sobre el uso de cenizas para estabilizar el suelo servirán para mejorar las condiciones pobres de los suelos arcillosos y al mismo tiempo proponer un material sostenible y contribuir a la reutilización de los residuos industriales como cenizas.

Diseño de investigación: Según Carrasco (2015), el diseño de la investigación es un conjunto de procedimientos establecidos que debe seguir un estudio, incluyendo los instrumentos y las estrategias utilizadas, que pueden ser experimentales o no experimentales según su naturaleza. Este estudio es un diseño experimental longitudinal. Según Hernández, et al. (2014), en este tipo de investigación el investigador manipula deliberadamente las características de las variables en estudio. En este caso, las propiedades naturales del suelo se ven alteradas por los tratamientos de estabilización. El tratamiento de estabilización se realiza con cenizas de carbón, que se añaden gradualmente en diferentes cantidades (%) hasta encontrar un diseño óptimo que cumpla los parámetros mínimos exigidos por la normativa.

El esquema de investigación será el siguiente:

$$X \rightarrow Y$$

$$MX \rightarrow O1$$

$$MX \rightarrow O2$$

$$MX \rightarrow O3$$

Dónde Mx: Muestra de suelo. Y: Variable dependiente. X: Variable independiente. O1, O2, O3: Porcentajes de ceniza de carbón mineral.

3.2. Variables y operacionalización

Variable dependiente: Estabilización de suelos arcillosos

Definición conceptual: Es la aplicación de métodos físicos, químicos, mecánicos o biológicos para mejorar las propiedades originales de un suelo (Weebly, 2020).

Dimensiones: Propiedades mecánicas y físicas

Indicadores: Análisis granulométrico, límites de consistencia, Proctor, CBR.

Escala de medición: Razón.

Variable independiente: Incorporación de cenizas de carbón mineral

Definición conceptual: La ceniza proveniente de hornos industriales de ladrillos. Contiene puzolana, que reduce la reacción árida – álcalis lo que aumenta la durabilidad. Actúa como disolvente inerte en el proceso de las reacciones puzolánicas (Rios y Neyra, 2020).

Indicadores:

Dimensiones: Porcentajes de incorporación de cenizas

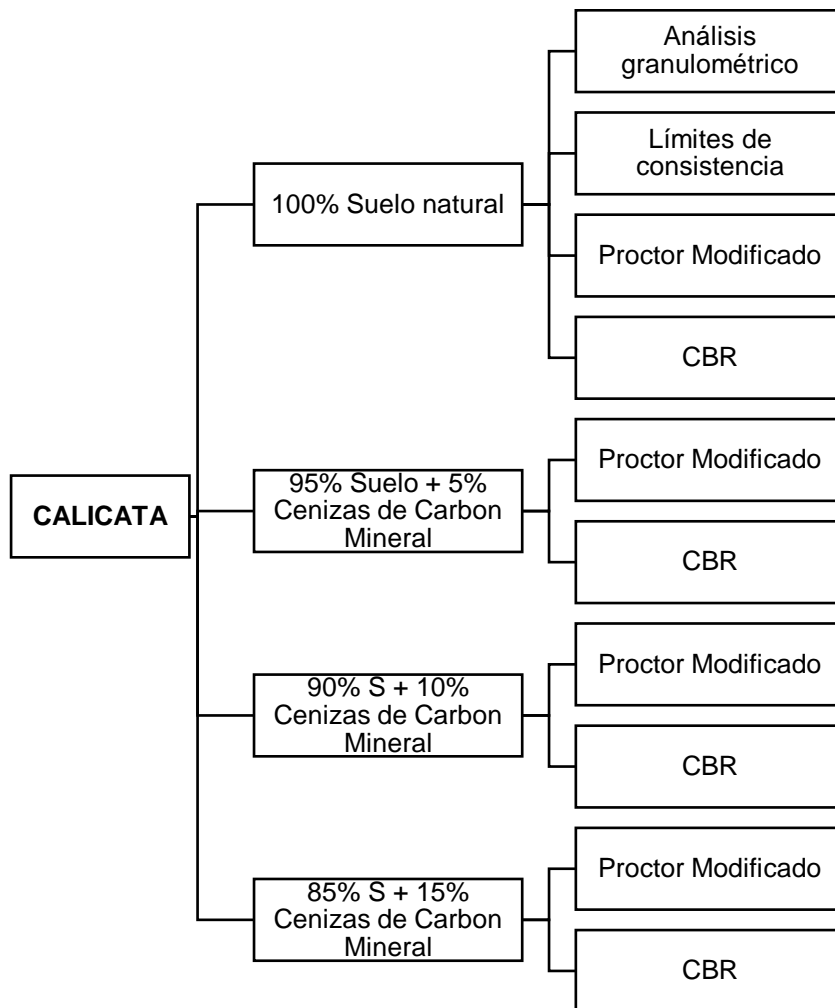
Indicadores: 0%, 5%, 10% 15%.

Escala de medición: Razón.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: Para Carrasco (2015), la población corresponde a la totalidad de elementos que forman parte de un universo, que guardan características similares y que son objeto del estudio. En este estudio, la población está representada por la superficie total de la subrasante de suelos arcillosos del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022.

Muestra: Es aquella parte de la población con quienes se realizará el estudio, y cuyo tamaño tiene que ser lo suficiente como para representar a la totalidad de la población (Hernández y Mendoza, 2018). En este estudio, la muestra corresponde a 24 muestras de suelos arcillosos extraídas de 8 calicatas hechas en los tramos de los 6.080 km del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022. Tomando como referencia las normas técnicas peruanas (500 m de distancia cada calicata). Para tener una mejor referencia de las muestras, se ha elaborado el siguiente esquema para conocer la cantidad de muestras por calicata:



Respecto a la cantidad de muestra por calicata, se extraerá 50kg de material y 15kg de cenizas de carbón mineral por calicata excavada.

Muestreo: Supo (2019), explica que la selección de la muestra, o sea de las unidades que formarán parte de ella, se da mediante técnicas probabilísticas o simplemente a conveniencia, diferenciándose en dos clases principales de muestreo: Probabilístico y No probabilístico. En este estudio el muestreo fue no probabilístico y por conveniencia a criterio de los investigadores.

Unidad de análisis: Muestras de suelo de la subrasante.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos: Son las estrategias planificadas que se aplicarán para obtener la información requerida en el estudio (Carrero, 2018). Esta investigación usó la técnica de la Observación, ya que los cambios producidos en las propiedades físicas de la subrasante debido a los experimentos realizados fueron observados y anotados en una guía de recolección de datos.

Instrumentos de recolección de datos: Son las herramientas utilizadas para registrar o recopilar la información requerida en el estudio (Borja, 2016). La investigación tuvo como instrumento de recolección de datos a la guía de observación, donde se plasmó por escrito información importante obtenida en campo y laboratorio, la cual fue evaluada en gabinete para determinar los cambios de la agregación de cenizas de carbón mineral en las características de los suelos arcillosos.

Validez: Es el valor que se le da al instrumento para poder ser utilizado en el estudio, considerando que este debe recopilar la información puntual y necesaria requerida para la elaboración de los resultados de acuerdo a cada objetivo planteado (Villasís et al., 2018). En este estudio, los instrumentos fueron revisados cuidadosamente por un grupo de expertos (03 ingenieros) quienes, en base a su experiencia, calibraron y validaron el instrumento propuesto.

Confiabilidad: Hernández et al (2014) describe a la confiabilidad como la precisión que tiene un instrumento para recopilar la información, en otras palabras, que los datos que se recopilen sean siempre los mismos ante cualquier caso de aplicación. En el caso de la confiabilidad de los instrumentos del presente estudio, se solicitó al laboratorio de ensayos sus respectivas certificaciones vigentes, las mismas que se anexaron al presente.

3.5. Procedimientos

Primeramente, se realizaron las coordinaciones institucionales. Se envió una carta formal a la municipalidad encargada solicitando el permiso para poder realizar las

calicatas de las cuales se extrajeron las muestras de suelos con las que se trabajaron los ensayos. Una vez obtenido el permiso, se coordinó la fecha de visita de campo para ir a realizar las calicatas mencionadas anteriormente. El día de la visita a campo, se realizaron las calicatas considerando las siguientes dimensiones: 1.50m x 1.50m y 1.50m como mínimo de profundidad, ubicadas a una separación mínima de 500m. Las muestras extraídas fueron almacenadas en sacos de plásticos codificados y trasladados a laboratorio para sus posteriores ensayos. Se coordinó la obtención de las cenizas con las ladrilleras. La ceniza fue almacenada en sacos de plástico debidamente etiquetados y codificados, y luego se trasladaron al laboratorio con el fin de ejecutar los ensayos sobre los diferentes diseños de mezcla que serían: la muestra de suelo patrón, 95% de suelo + 5% de cenizas de carbón mineral, 90% de suelo + 10% de cenizas de carbón mineral. y 85% de suelo + 15% de carbón mineral. Los ensayos a realizar siguieron los procedimientos propuestos y descritos en cada procedimiento normado:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-422, MTC E107)
- Límites de Consistencia (ASTM D-4318, MTC E110-E111)
- Proctor Modificado (ASTM D-1557, MTC – E115)
- California Bearing Ratio (ASTM D-1883, MTC – E132)

3.6. Método de análisis de datos

Los laboratorios se encargarán de analizar las muestras obtenidas en campo y remitirán mediante fichas de laboratorio los resultados respectivos a cada ensayo que se realizará y a cada diseño de mezcla propuesto. Los resultados serán expuestos en tablas y gráficos de acuerdo a cada objetivo específico planteado, tablas que serán elaboradas en Excel.

3.7. Aspectos éticos

La ética de la investigación es una disposición a cumplir con los principios éticos básicos para el desarrollo científico, los cuales son de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia (Universidad Cesar Vallejo, 2017). Este estudio se ha regido a cumplir con estos principios de la siguiente manera: hablar de

beneficencia es pensar en el beneficio de las partes involucradas en la investigación tanto directa como indirectamente, y en este caso como se ha explicado párrafos anteriores se cuenta con un beneficio social y ambiental. La no maleficencia se ha dado de modo que el presente estudio no buscará perjudicar ni a la sociedad ni al ambiente, puesto que las cenizas se obtendrán de manera controlada, teniendo presente causar el menor impacto ambiental posible. Además, el principio de autonomía y justicia está más orientado cuando se trabaja con personas, ya que es aquí donde ellos deciden intervenir o no del estudio, sin embargo, en esta investigación no trabaja con personas directamente.

IV. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos realizados en laboratorio GEOTEC VIAL S.A.C., de la ciudad de Trujillo, los cuales siguen los lineamientos de la normatividad técnica vigente: Análisis granulométrico (NTP 400.012 / MTC E 204), Límites de consistencia (NTP 339.129 / ASTM D4318 – 17e1 / MTC E 110/ MTC E 111/MTC E112), Ensayo Protor Modificado (NTP 339.141 /ASTM 1557/ MTC E115). Clasificación SUCS (ASTM-D-2487), Clasificación AASTHO (AASTHO-M-145), Ensayo CBR (ASTM D1883 / MTC E132).

4.1 En cuanto a la determinación de las propiedades mecánicas y físicas del suelo patrón del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022.

Tabla 5. Resultados de la granulometría del suelo patrón

Calicatas	% Grava	% Finos que pasa		Clasificación	SUCS	AASTHO
		N° 200	% Arena			
C -01	59.01	8.37	32.62	Grava bien Gradada con arcilla y arena	GW-GC	A-1 - b (0)
C -02	54.68	13.51	31.81	Grava limosa con arena	GM	A-1 - a (0)
C -03	0	64.82	35.18	Arcillo ligera Arenosa	CL	A-6 (8)
C -04	0	61.16	38.84	Arcilla Limo - Arenosa	CL - ML	A-4 (1)
C -05	38.24	17.14	44.62	Arena Limo - Arcillosa con grava	SC-SM	A-1 - b (0)
C -06	28.83	26.57	44.6	Arena Limo - Arcillosa con grava	SC-SM	A-2-1 (0)
C -07	42.87	13.52	43.61	Arena Limo - Arcillosa con grava	SC-SM	A-1 - b (0)
C -08	50.1	19.09	30.81	Grava Arcillosa con Arena	GC	A-1 - b (0)

La tabla 4 muestra los resultados de los ensayos de granulometría de cada una de las 8 calicatas analizadas en laboratorio. Como se puede observar, en la calicata 3, es la que tiene el mayor porcentaje de finos en malla N° 200, 64.82%, y un porcentaje de arena del 35.18%, lo que la ubica en una clasificación de arcilla ligera arenosa, SUCS CL y AASHTO de A – 6 (8).

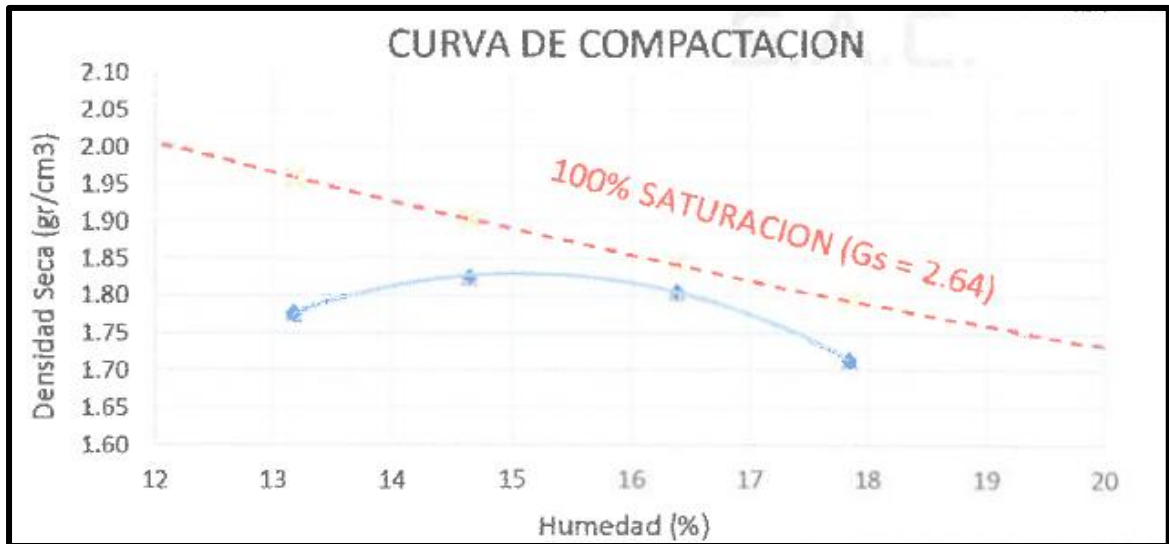
Tabla 6. Resultados del análisis de plasticidad del suelo patrón

Descripción	L.L	L.P	Índice de Plasticidad
C -01	33.75	21.06	12.69
C -02	28.65	26.46	2.19
C -03	34.99	20.01	14.98
C -04	23.81	17.88	5.93
C -05	28.84	21.9	6.94
C -06	27.68	23.04	4.64
C -07	29.2	24.64	4.56
C -08	28.21	20.4	7.81
Promedio	29.39	21.92	7.47

Como se puede observar en la tabla 5, el límite líquido y límite plástico promedio de todas las calicatas analizadas es de 29.39 y 21.92, dando como resultado un índice de plasticidad promedio de 7.47, lo que indica que el suelo es arcilloso y con plasticidad media.

El problema de mayor plasticidad del suelo lo muestra la calicata 3, tal como se puede observar esta tiene un límite líquido de 34.99, y un límite plástico de 20.01, dando como resultado un índice de plasticidad de 14.98.

Gráfico 1. Curva de Compactación



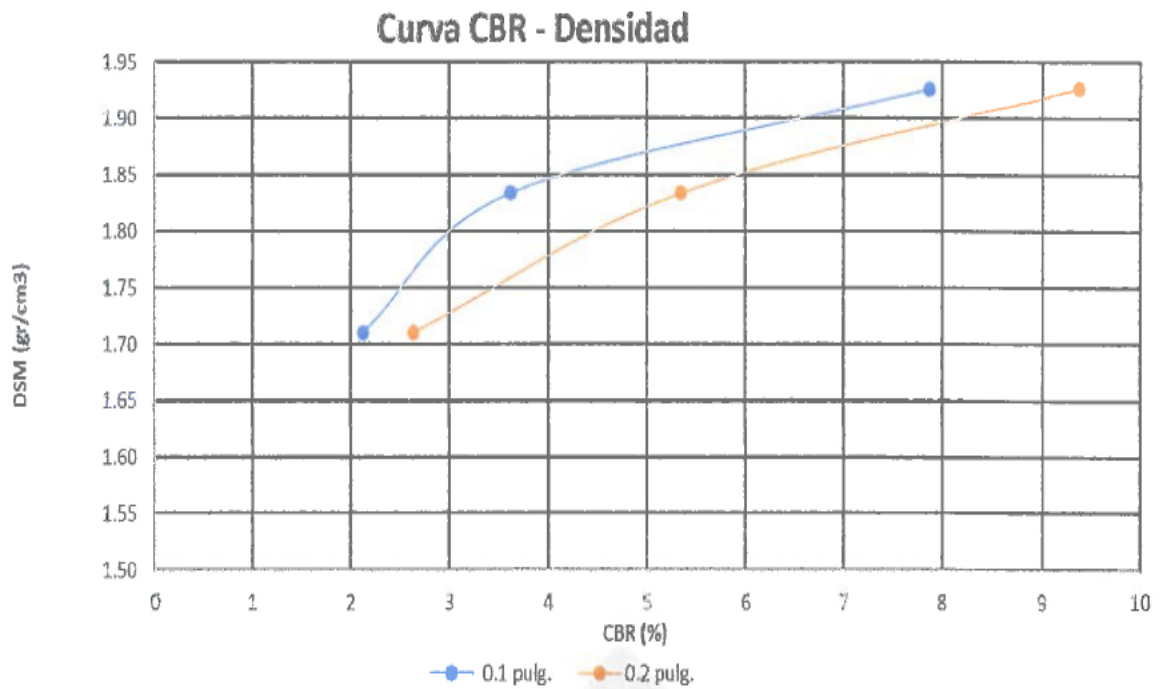
Como se puede observar en la curva de compactación el contenido de humedad óptimo es de 15.10%, y su densidad máxima seca es de 1.826 gr/cm³.

Tabla 7. Resumen del ensayo Protor Modificado del suelo patrón

Calicata C – 3. Clasificación: Arcillo ligera Arenosa		
Densidad máxima seca	1.826 gr/cm ³	
Humedad óptima (%)	15.10%	
95% DMS	1.735 gr/cm ³	
C.B.R (%)	100% DMS	95% DMS
(0.1")	4.62%	1.93%
(0.2")	5.87%	2.95%

La tabla 6, presenta el resumen del ensayo Protor modificado, como se puede observar los valores CBR son menores a lo estipulado en la NTP. Al 100% de DMS la resistencia del material de subrasante es de 4.62% y al 95% de DMS es de 1.93%, lo que lleva a calificar a la subrasante en un nivel de pobre - inadecuada.

Gráfico 2. Curva CBR – Densidad del suelo patrón



La grafica 2, relaciona al CBR, con la densidad máxima seca, como se puede observar a una décima de pulgada de penetración y con una DMS del 95% se llega a una resistencia del material de la subrasante de 1.93%, al 100% de DMS se logra un CBR= 4.62%.

4.2 Determinar los efectos que tiene la incorporación de cenizas de carbón mineral en las propiedades mecánicas físicas del suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022.

Tabla 8. Análisis granulométrico con agregaciones de CCM

Calicatas	% Grava	% Finos que pasa N°		Clasificación	SUCS	AASTHO
		200	% Arena			
C - 3 Patrón	0	64.82	35.18	Arcillo ligera Arenosa	CL	A-6 (8)
C - 3 + 5% CCM	2.46	63.32	34.22	Arcillo ligera Arenosa	CL	A-6 (4)
C - 3 + 10% CCM	8.04	59.75	32.21	Arcillo ligera Arenosa	CL	A-6 (4)
C - 3 + 15% CCM	14.67	55.83	29.5	Arcillo ligera Arenosa	CL	A-6 (4)

La tabla 8, muestra los resultados de la granulometría al adicionar la ceniza de carbón mineral al suelo. La clasificación permanece casi inalterable.

Tabla 9. Resultados de Plasticidad del suelo con agregaciones de CCM

Calicata	L.L	L.P	Índice de Plasticidad (%)
C -03 Patrón	34.99	20.01	14.98
C -03 + 5% CCM	27.49	16.62	10.87
C -03 + 10% CCM	29.42	19.50	9.92
C -03 + 15% CCM	28.08	15.83	12.25

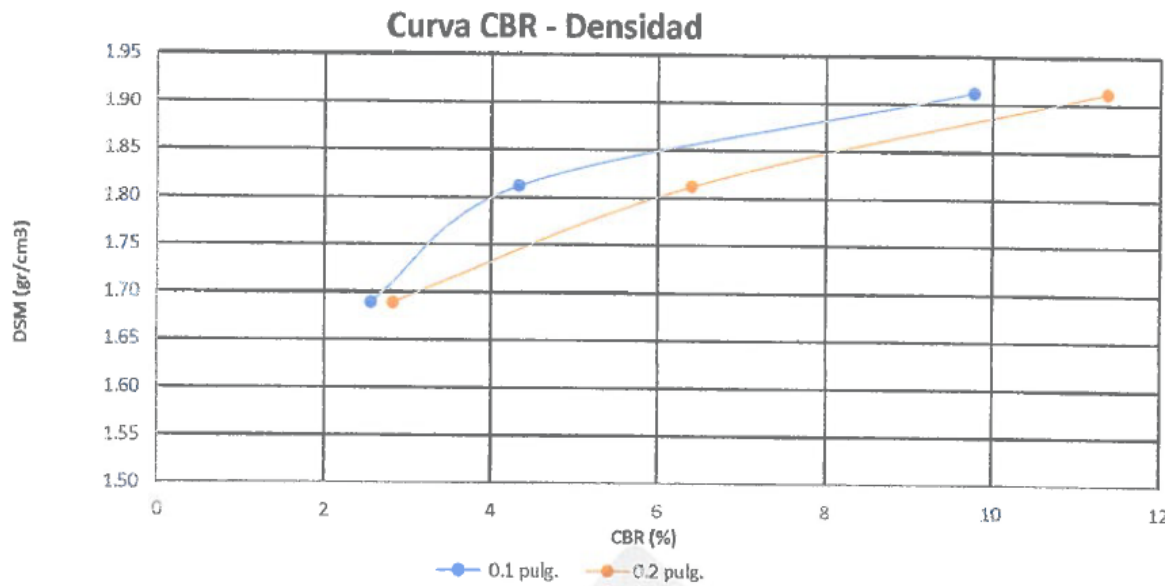
En cuando al ensayo de plasticidad, cuyos resultados se muestran en la tabla 8, se puede observar que al adicionar 5% de CCM, su índice de plasticidad baja a 10.87%, luego en agregación del 10% el valor de plasticidad del suelo baja a 9.92%, agregando 15% su valor de plasticidad empieza aumentar.

Tabla 10. Resumen del ensayo Protor modificado con agregaciones de CCM

Calicata C – 03 Patrón	Clasificación: Arcillo ligera Arenosa	
C.B.R (%)	100% DMS	95% DMS
(0.1")	4.62%	1.93%
(0.2")	5.87%	2.95%
C -03 + 5% CCM	Clasificación: Arcillo ligera Arenosa	
C.B.R (%)	100% DMS	95% DMS
(0.1")	6.31%	3.05%
(0.2")	7.70%	4.15%
C -03 + 10 % CCM	Clasificación: Arcillo ligera Arenosa	
C.B.R (%)	100% DMS	95% DMS
(0.1")	8.60%	3.87%
(0.2")	10.20%	5.18%
C -03 + 15% CCM	Clasificación: Arcillo ligera Arenosa	
C.B.R (%)	100% DMS	95% DMS
(0.1")	12.14%	5.22%
(0.2")	14.61%	7.43%

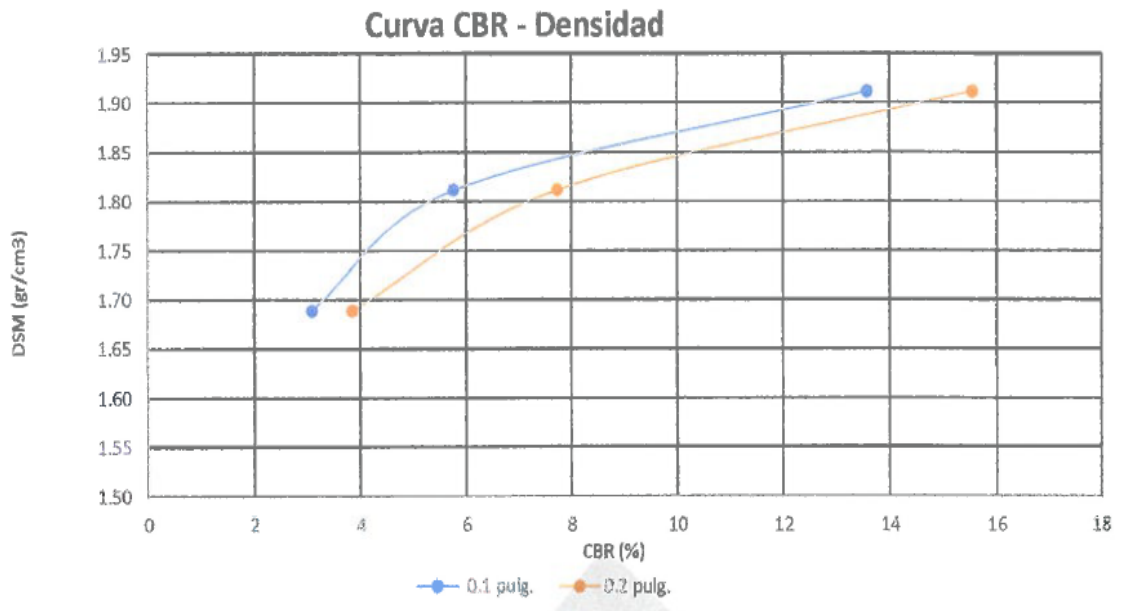
La tabla 9, pone en evidencia los incrementos constantes del CBR al agregar 5, 10 y 15% de CCM, siendo estos valores más elevados en la agregación ultima.

Gráfico 3. Curva CBR - Densidad con incorporación del 5% CCM



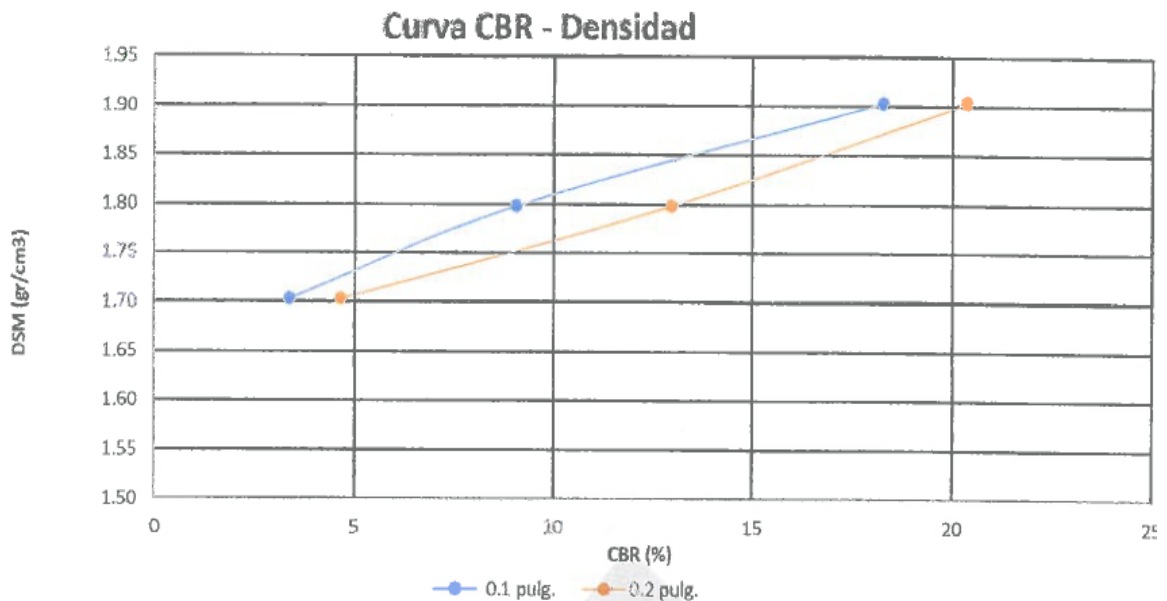
La grafica 3, evidencia la resistencia del material de la subrasante y densidad máxima seca con el 5% de CCM, como se puede observar al 100% de DMS se logra un CBR=12.14%, y al 95% de DMS un CBR= 5.22% < 6% (subrasante pobre).

Gráfico 4. Curva CBR - Densidad con la incorporación del 10% CCM



Si observamos la gráfica 4, podemos ver que la resistencia del material de la subrasante al 90% de material del suelo patrón + 10% de agregación de CCM llega a 3.87% con una DMS 95%, valor que sigue siendo menor al 6% (subrasante pobre).

Gráfico 5. Curva CBR - Densidad incorporando el 15% CCM



La grafica 5, muestra el CBR y su densidad máxima seca, como se puede observar al 85% del material del suelo patrón + 15% CCM, y al 95% DMS se logra un CBR = 5.22%, y al 100% DMS se tiene un CBR = 8.60%.

4.3 Determinar el porcentaje óptimo de incorporación de CCM para estabilizar el suelo en el camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022.

En cuanto al porcentaje óptimo de incorporación, teniendo en cuenta los resultados anteriores se puede establecer que el óptimo de agregación de ceniza de carbón mineral que mejor incide sobre las propiedades mecánicas de la subrasante en análisis es el 15%, ya que con ello se obtiene una resistencia mayor 5.22%.

Tabla 11. Resumen de ensayo Protor modificado con 10% y 15% de CCM

C -03 + 10 % CCM	Clasificación: Arcillo ligera Arenosa	
C.B.R (%)	100% DMS	95% DMS
(0.1")	8.60%	3.87%
(0.2")	10.20%	5.18%
C -03 + 15% CCM	Clasificación: Arcillo ligera Arenosa	
C.B.R (%)	100% DMS	95% DMS
(0.1")	12.14%	5.22%
(0.2")	14.61%	7.43%

V. DISCUSIÓN

La problemática de subrasante pobre en pavimentos es común denominador en las zonas rurales del país lo cual es uno de los factores que dificulta el desarrollo de estas zonas agroganaderas. Ello lo hace evidente el informe del BID (2021), donde se enfatiza que un país que quiera que sus pueblos se desarrollen de forma sostenida deben invertir en mejorar su infraestructura vial. En Perú esta particularidad de suelos pobres se hace más evidente en las partes de sierra y selva del país, zonas donde predominan los suelos arcillosos, los mismos que están compuestos por partículas de tamaño diferente, entre ellas esta: piedra, grava, seguido de las arenas, arcillas y limos, estos suelos tienden a retener agua de las lluvias que son comunes en estas zonas, lo que los hace expansivos, con alta plasticidad y con baja capacidad de soporte (Probelte, 2020).

Esta problemática de suelos arcillosos se presenta el camino rural Chamis – Cahuadan, ubicado en la sierra norte de la provincia de Huamachuco, lo que eleva los costos de salida de la producción de los productores asentados en esta zona, que por lo general son pequeños productores agrícolas de quinua, tarwi, maíz, entre otros productos agrícolas, además son ganaderos de ovinos y vacunos.

Tal cual, lo evidencian los estudios de Casas (2021), quien analiza suelos arcillosos, y determina un índice de plasticidad elevado, una resistencia del material de la subrasante pobre, aquí se determinaron las propiedades mecánicas y físicas del suelo patrón: En cuanto a la determinación de las propiedades físicas mecánicas del suelo patrón, estas presentan mayor porcentaje de arcilla, y la capacidad de soporte CBR es pobre, por lo tanto, estos suelos son inestables y comprensibles, lo que viene originando asentamientos que viene afectando el pavimento.

Estudios como los de Clavería et al. (2018), Casas (2021), Longa y Sánchez (2021), Cordova y Sanchez (2021), Pérez y Cañar (2017), realizan ensayos de

laboratorio para determinar los efectos que tienen la incorporación de cenizas de carbon mineral sobre las propiedades físico – mecánicas de suelos arcillosos, enfocados por lo general sobre su CBR al 100% de densidad máxima seca (DMS), lo cual los lleva a determinar pequeños incrementos de CBR, pero ellos en sus conclusiones hacen ver que la adición de CCM genera incrementos significativos sobre las propiedades mecánicas de los suelos teniendo como referente el incremento del CBR, cosa que refuta el ingeniero especialista en suelos y pavimentos de la Universidad Mayor de San Marcos Zavala (2020), el cual pone énfasis en que al evaluar la resistencia del material de suelos en el caso de subrasante se debe tomar en cuenta el CBR al 95% de DMS, mas no al 100% de DMS como lo hacen los estudios antes mencionados, lo que lleva a contradecir a los estudios que en su conclusión determinan cambios muy significativos en el incremento de la resistencia de la subrasante.

Tomando en cuenta la recomendación hecha por el especialista de suelos antes mencionado y del ingeniero Tapia (2022) jefe de laboratorio de suelos es que se tomó como referencia el CBR al 95% de DMS, para la discusión y conclusiones de la presente investigación.

Al incorporar en porcentajes del 5%, 10% se observa mejoras en la plasticidad del suelo, la cual llega a disminuir su índice de plasticidad en 4.11% (14.98 – 10.87) con el 5% de adición, luego al incrementar la dosis de agregado al 10% este IP baja a 0.95% (10.87 – 9,92), ya la agregación de 15% genera aumentos del IP este se va a 12.25%, caso que asemeja a las agregaciones que realizar Longa y Sánchez (2021), que también ven en un primer momento que al agregar CCM bajar la plasticidad del material de la subrasante arcillosa, para luego con agregaciones mayores verse que empieza a incrementarse su plasticidad.

La calidad de un suelo para pavimentos lo determina su capacidad portante, en otras palabras su capacidad de resistencia a fuerzas naturales o de presión, y esta se determina por la resistencia del material de su subrasante. Los ensayos protor modificado y CBR, son los que determinan los parámetros de capacidad portante, en este estudio se evidenció incrementos ligeros en la resistencia de los

materiales, partiendo de un nivel de subrasante pobre CBR= 1.93%, tomando como referencia una DMS al 95%, cuando se da la primera agregación 5% la resistencia de materiales CBR=3.05, con la segunda agregación 10% la resistencia medida por CBR pasa a 3.87% y con el 15% de agregado de CCM su CBR= 5.22%, lo cual deja en evidencia que estas agregaciones aumentan levemente la resistencia de los materiales de la subrasante, pero no logran pasar el valor mínimo requerido por la norma técnica para ser calificado como una subrasante regular (CBR \geq 6%).

Tomando como referencia a los expertos en análisis de suelos, se hace importante resaltar que si evaluará la resistencia del material de la subrasante al 100% de DMS, los resultados de cambio con la agregación si se tornan significativos, partiendo del suelo patrón tenemos un CBR= 4.62% que califica a esta subrasante en un nivel de pobre y ya no de inadecuada; ahora con la agregación del 15% llega a un CBR= 12.14%, lo cual le daría una calificación de buena subrasante, lo que no es así, ya que como dijimos anteriormente, los especialistas ponen énfasis en que se debe tomar la DMS al 95% arrojada por los estudios de suelos.

Como se puede observar en la tabla 9 presentada líneas arriba los incrementos de la resistencia de material de la subrasante CBR del patrón al 15% de agregación es mucho menor al 95% de DMS, a que si se evaluara al 100% de DMS. La primera pasa de 1.93% patrón – 3.05% con 5% CCM – 3.87% con 10% CCM – 5.22% agregando 15% CCM; en cambio si se evalúa al 100% de DMS los incrementos se notan más significativos y llevaría a darle una calificación de buena, ya que esta pasa del 4.62% patrón – al 6.31% con 5% CCM – 8.60% con 10% de ceniza – 12.14% agregando 15%, lo que deja en evidencia que el suelo tendría una calificación según CBR inicial de pobre, ya que supera el nivel del 3% y al 15% de agregación le daría una calificación de bueno ya que se encuentra ubicado entre los valores $10 \leq \text{CBR} < 20$, valores especificados bajo NTP.

Del análisis anterior se puede afirmar que con la incorporación de CCM al suelo patrón las propiedades físico mecánicas del suelo presentan ciertas mejoras, ya

que se ha reducido el porcentaje de arcilla y se ha elevado la capacidad de soporte CBR.

En referencia al porcentaje óptimo de incorporación de CCM para estabilizar el suelo en el camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022.

Con la adición del 15% de CCM al suelo natural, el suelo ha mejorado sus propiedades físico mecánicas y se mejorado la capacidad de soporte del suelo CBR.

Tabla 12. Resumen de ensayo Protor modificado con la adición optima

C.B.R. (%)	100% D.S.M.	95% D.S.M
(0.1%)	12.14%	5.22%
(0.2%)	14.61%	7.43%

Pero en función de la normativa estos resultados de CBR no superan el valor mínimo requerido de CBR, para ser calificada como regular, lo que lleva a plantear futuras investigaciones con agregaciones mayores para ver superar los valores de CBR, que es lo importante a la hora de calificar un suelo.

VI. CONCLUSIONES

C1: El suelo patrón tiene 64.82% de finos que pasa la malla N° 200, clasificación AASTHO de arcilla ligero arenosa A – 6 (8); la plasticidad promedio de las 8 calicatas en análisis es de 7.47%, siendo la calicata 3 la que presenta el mayor IP = 14.98. En cuanto a la resistencia del material del suelo patrón, medido por el CBR y al 95% de DMS es de 1.93% < 3%, valor que clasifica a esta subrasante como inadecuada.

C2: Las propiedades mecánico – físicas del suelo al incorporar 5%, 10%, y 15% de CCM en el camino Chamis – Cahuadan, mejoran de manera no tan significativa, ya que como se puede observar su granulometría permanece casi inalterable en su clasificación Arcillo ligera Arenosa CL A-6 (4); su plasticidad baja a 10.89% - 9.92%, para luego aumentar a 12.25%. La propiedad mecánica de resistencia al 95% de DMS y a una pulgada de penetración es de 3.05% - 3.87% - y 5.22% respectivamente, pasando de una calificación de subrasante inadecuada (CBR= 1.93% < 3%), a una calificación de subrasante pobre (CBR = 5.22% < 6%).

C3: El óptimo de agregación de ceniza de carbón mineral que mejor incide sobre las propiedades mecánico de la subrasante en análisis es el 15%, ya que con ello se obtiene la mayor resistencia CBR = 5.22%.

CG: La incorporación de cenizas de carbón mineral incide de manera no muy significativamente sobre la estabilización de suelos arcillosos con fines de pavimentación del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022.

VII. RECOMENDACIONES

R1: Para mejorar las propiedades de la subrasante del suelo patrón del camino Chamis - Cahuadan, de la provincia de Huamachuco, se recomienda adicionar una capa de mejor material clasificación AASTHO A-1-b (0) a A-1-a (0), o adicionar cenizas de derivados industriales, tales como la ceniza de carbón mineral.

R2: Se recomienda realizar estudios con agregaciones mixtas (otros productos derivados del sector industrial) para determinar valores más efectivos en la mejora de las propiedades mecánico y físicas de subrasantes inestables.

R3: Con la adicción del 15% de CCM el suelo presenta mejoras no tan significativas sobre las propiedades físico mecánicas del suelo, dándole mayor estabilidad y elevándose el CBR, por lo que se recomienda la utilización de porcentajes mayores de CCM para estabilizar el suelo en esta zona de estudio.

REFERENCIAS

- Alanya, C. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera, originadas por ladrilleras artesanales, en la red vial vecinal Antarumi – Macachacra, Ayacucho*. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/64764>
- Alarcón, J., Jiménez, M., y Benítez, R. (2020). *Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso*. Rev. ing. constr. vol.35 no.1 Santiago: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732020000100005&script=sci_arttext&tlng=pt
- Asociación Mundial de la Carretera. (2014). *Importancia de la conservación de carreteras*. <https://www.piarc.org/es/pedido-de-publicacion/22252-es-Importancia%20de%20la%20conservaci%C3%B3n%20de%20carreteras>
- Banco Interamericano de Desarrollo . (2021). *Perú refuerza competitividad mediante mejoramiento de red vial con apoyo del BID*. <https://www.iadb.org/es/noticias/peru-refuerza-competitividad-mediante-mejoramiento-de-red-vial-con-apoyo-del-bid>
- Barrios, G., y Velázquez, A. (2022). *Estabilización de suelos*. https://www.researchgate.net/publication/35442144_Estabilizacion_de_suelos
- Behak, L. (2017). Soil Stabilization with Rice Husk Ash. En *Rice*. <https://doi.org/10.5772/66311>
- Boixader, D. (2016). *Cómo mitigar los efectos de las arcillas expansivas*. <https://estructurando.net/2016/11/07/como-mitigar-los-efectos-de-las-arcillas-expansivas/>
- Borja, M. (2016). *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*. <https://studylib.es/doc/8929463/metodologia-de-investigacion-cientifica-para-ingenieros>

- Cano, T. (2018). *MANUAL DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO O CAL*.
https://www.academia.edu/38135901/MANUAL_SUELOS
- Carrasco, S. (2015). *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación* (1ra ed.). Editorial San Marcos.
- Carrero, E. (2018). *¿Qué técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizo? Investigación Cuantitativa y Cualitativa*.
<https://todosobretesis.com/tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>
- Casas, J. (2021). *Ceniza de Carbón Mineral para Estabilización de Suelos Cohesivos en Subrasante*. [Tesis. Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio de la UPLA: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2364>
- Cenizas. (2021). *En: Diccionario de la Real Academia Española*.
<https://dle.rae.es/>
- Chirinos, E., Rodríguez, E., y Muñoz, S. (2021). *MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA MEJORAR EL CBR CON FINES DE PAVIMENTACIÓN: UNA REVISIÓN LITERARIA*.
<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/8234912.pdf>
- Clasificación del Suelo*. (2020).
<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/31/31448/suelos.pdf>
- Clavería, P., Triana, D., y Varon, Y. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE LOS SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO ESTABILIZADO CON CENIZA DE ARROZ Y BAGAZO DE CAÑA COMO MATERIAL PARA SUBRASANTE*.
https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6314/1/2018_caracterizacion_comportamiento_geotecnico.pdf
- CONCYTEC. (2021). *Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del SINACYT*. Retrieved 20 de setiembre de 2020, from <http://resoluciones.concytec.gob.pe/subidos/sintesis/RP-090-2021-CONCYTEC-P.pdf>
- Cordova, R., y Sanchez, J. (2021). *Efecto de la maleza y carbón molido en la estabilización de subrasante en vía no pavimentada, distrito de Laredo*,

Trujillo. [Tesis. Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio UCV: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/86918>

COTECNO. (2020). *Límites de Atterberg: Determinación de los límites plástico, líquido y de encogimiento del suelo*. <https://www.cotecno.cl/limites-de-atterberg-determinacion-de-los-limites-de-plastico-liquido-y-encogimiento>

Duque, J., Vásquez, B., y Orrego, J. (2019). *MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN VÍAS DE TERCER ORDEN*. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17878/MEJORAMIENTO%20DE%20SUBRASANTE%20EN%20VIAS%20DE%20TERCER%20ORDEN.pdf?sequence=1>

Espinoza, T., y Honores, G. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos con conchas de abanico y cenizas de carbón con fines de pavimentación*. Universidad Nacional del Santa: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3349>

Estructural. (2021). *Clasificación de Suelos por CBR y AASHTO para Diseño de Pavimentos*. <https://www.youtube.com/watch?v=UEBsFevUwE0>

García, D., y Marquina, L. (2022). *Influencia del porcentaje de polímeros PET y cenizas de carbón con fines de estabilización de subrasante para un pavimento, aplicado en el sector Barraza, Laredo, Trujillo – La Libertad*. [Tesis. Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio de la Universidad Privada Antenor Orrego: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/8524>

Geotechnical. (2019). *Ensayo de CBR, California Bearing Ratio*. <https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/cbr/>

Geotecnia. (2019). *Prueba Próctor Estándar: Excel paso a paso*. <https://www.youtube.com/watch?v=z0ajFjdAxOA>

Gómez, C. (2019). *Comportamiento geotécnico de suelos arcillosos compactados, respuesta a cargas estáticas y dinámicas*. <https://core.ac.uk/download/pdf/219484453.pdf>

Goñas, O. (2019). *Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada*. [Tesis. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <http://hdl.handle.net/20.500.14077/1801>

Goñas, O., y Saldaña, J. (2020). *Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada*. <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/589>

Gonzales, F. (2018). *Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de Puno*. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2155>.

Guamán, I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)*. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24608/1/Tesis_1088 - Guamán](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24608/1/Tesis_1088_-_Guamán)

Hernández, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.

Hernández, J., Mejía, D., y Zelaya, C. (2017). *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos*. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14342/>

Hernandez, R., Fernandez, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). McGraw-Hill.

Huaquisito, S., y Quispe, B. (2018). *Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento*. Revista de investigaciones Altoandinas: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.366>

Juarez, B., y Rico, R. (2015). *Mecánica de Suelos*. Limusa.

Longa, K., y Sánchez, D. (2021). *Estabilización con cenizas de carbón para mejoramiento de subrasante del Asentamiento Humano, Ciudad del Niño, distrito de Castilla, Piura, 2021*. [Tesis. Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio de la UCV: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/80387>

Martinez, E. (2022). *Análisis Granulométrico por tamizado en seco*. <https://www.youtube.com/watch?v=ZeCobl1uG9I>

Massenlli, G., y Paiva, C. (2019). *Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia*. Ingeniare. Rev. chil. ing. vol.27 no.4 Arica: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000400613>

Ministerio de Transportes. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos geología, geotécnica y pavimentos*. Lima. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayos de materiales*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). "*Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento – Sección Suelos y Pavimentos*". Lima.

Muñoz, M., King, R., y Montenegro, J. (2016). Caracterización geotécnica de cenizas volantes generadas a partir de la combustión del carbón en central termoeléctrica. *Universidad Católica de la Santísima Concepción*. <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/1310/Mauricio%20Mu%C3%B1oz%20Adams.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ovidio, C. (2019). *Pavimentos Rígidos VS Pavimentos Flexibles*. Conferencia del Colegio de Ingenieros del Perú: <https://www.youtube.com/watch?v=4qOLhHrFcrk>

Pérez, R., y Cañar, E. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*. [Tesis. Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25266>

Probelte. (2020). *Qué es realmente el suelo arcilloso*. <https://probelte.com/es/noticias/suelo-arcilloso-que-es-que-cultivar-y-como-mejorar-el-suelo/>

Real Academia Española. (2021). *Definición de Ceniza*. <https://dle.rae.es/ceniza>

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2019). *Norma CE-020 Estabilización de Suelos y Taludes*. Lima, Peru: Instituto de la Construcción y Gerencia. http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf

Rios, N., y Neyra, A. (2020). *Influencia de las cenizas de carbon mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco, La Libertad, 2020*. [Tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio UCV: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/59904>

Rivera, J., Aguirre, A., Mejia, R., y Orobio, A. (2020). *Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión)*.

Informador Técnico, 84(2), 202-226.:
<https://doi.org/10.23850/22565035.2530>

Schmalbach, R. (s.f.). *Solución ingenieril para la estabilidad de suelo*. Retrieved 7 de agosto de 2021, from iecaiberoamerica.org:
<https://iecaiberoamerica.org/solucion-ingenieril-para-la-estabilidad-de-suelo/>

Terzaghi-Peck. (1948). *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica*. El Ateneo S.A.

U.S. Department of Transportation. (2021). *Fly Ash Facts for Highway Engineers*. <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/recycling/fafacts.pdf>

Universidad Cesar Vallejo. (2017). *Código de ética en investigación*. Trujillo. <https://www.ucv.edu.pe/datafiles/C%C3%93DIGO%20DE%20%C3%89TICA.pdf>

Villacorta, L., y Moreno, J. (2020). *Influencia de la adición de cloruro de calcio sobre el índice de CBR en el suelo arcilloso de la carretera al centro poblado de Salamanca, distrito de Magdalena de Cao, provincia de Ascope – 2018*. <https://hdl.handle.net/11537/23404>

Villanueva, M. (2021). *LA IMPORTANCIA DE LA MECÁNICA DE SUELOS EN OBRAS DE CARRETERAS*. <https://coovias.com/la-importancia-de-la-mecanica-de-suelos-en-obras-de-carreteras>

Villasís, M., Márquez, H., Zurita, J., Miranda, G., y Escamilla, A. (2018). *El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones*. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v65n4/2448-9190-ram-65-04-414.pdf>

Villavicencio, W. (2021). *CE. 020 Estabilización de suelos y taludes*. <https://waltervillavicencio.com/wp-content/uploads/2019/01/CE.020.pdf>

Weebly. (2020). *ESTABILIZACION*. <https://lultimaresistencia.weebly.com/uploads/6/8/2/7/6827657/35580425-estabilizacion-de-suelos.pdf>

Winterkorn, H., y Sibel, P. (1991). *Soil stabilization and Grouting*. New York, NY: VanNostrand Reinhold.

Zavala, G. (2020). *MECÁNICA DE SUELOS APLICADO A SUBRASANTES Y PAVIMENTOS*. UNMSM: <https://www.youtube.com/watch?v=b6HV3Vo9Nc&t=3713s>

Zhen, S. (2019). . *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 VOL. 203, pp.1-15:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166516218310097>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Estabilidad de Suelos arcillosos con fines de pavimentación incorporando ceniza de carbón mineral en camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>GENERAL: ¿Cuál es el efecto de la incorporación de CCM en la estabilización de suelos arcillosos con fines de pavimentación del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022?</p>	<p>GENERAL Determinar el efecto de la incorporación de CCM en la estabilización de suelos arcillosos con fines de pavimentación del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022.</p>	<p>GENERAL Los efectos de la incorporación de CCM en la estabilización de suelos arcillosos con fines de pavimentación del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022, son significativos.</p>	<p>VI: Incorporación de cenizas de carbón mineral</p>
<p>ESPECÍFICOS ¿Cuáles son las propiedades mecánicas y físicas del suelo patrón del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022?</p>	<p>ESPECÍFICOS Determinar las propiedades mecánicas y físicas del suelo patrón del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022.</p>	<p>ESPECÍFICAS Las propiedades mecánicas y físicas del suelo patrón del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022 son deficientes.</p>	<p>DIMENSIONES Incorporación de cenizas de carbón mineral</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 % de cenizas - 10 % de cenizas - 15 % de cenizas
<p>¿Qué efectos tiene la incorporación de cenizas de carbón mineral en las propiedades mecánicas y físicas del suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022?</p>	<p>Determinar los efectos que tiene la incorporación de cenizas de carbón mineral en las propiedades mecánicas físicas del suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022</p>	<p>La incorporación de cenizas de carbón mineral mejora las propiedades mecánicas y físicas del suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022, son positivos.</p>	<p>Estabilización de suelos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análisis granulométrico - Límites de consistencia - Ensayo de Proctor - Ensayo de CBR
<p>¿Cuál es el porcentaje óptimo de incorporación de cenizas de carbón mineral para estabilizar el suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022?</p>	<p>Determinar el porcentaje óptimo de incorporación de cenizas de carbón mineral para estabilizar el suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022.</p>	<p>El porcentaje óptimo de incorporación de cenizas de carbón mineral para estabilizar el suelo del camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022 será el 10%.</p>	

Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente Incorporación de cenizas de carbón mineral	Es la que proviene de hornos industriales de ladrillos. Contiene puzolana, que reduce la reacción árida – álcalis lo que aumenta la durabilidad. Actúa como disolvente inerte en el proceso de las reacciones puzolánicas (Rios & Neyra, 2020)	Se medirá de acuerdo a los porcentajes de incorporación de cenizas	% de incorporación de cenizas	5% 10% 15%	Razón
Variable dependiente Estabilización de suelos	Es la aplicación de métodos físicos, químicos, mecánicos o biológicos para mejorar las propiedades originales de un suelo (Winterkorn & Sibel, 1991).	Se medirá de acuerdo a sus propiedades mecánicas y físicas.	Propiedades mecánicas y físicas	Granulometría Límites de Atterberg Proctor modificado Ensayo CBR	Razón

Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos

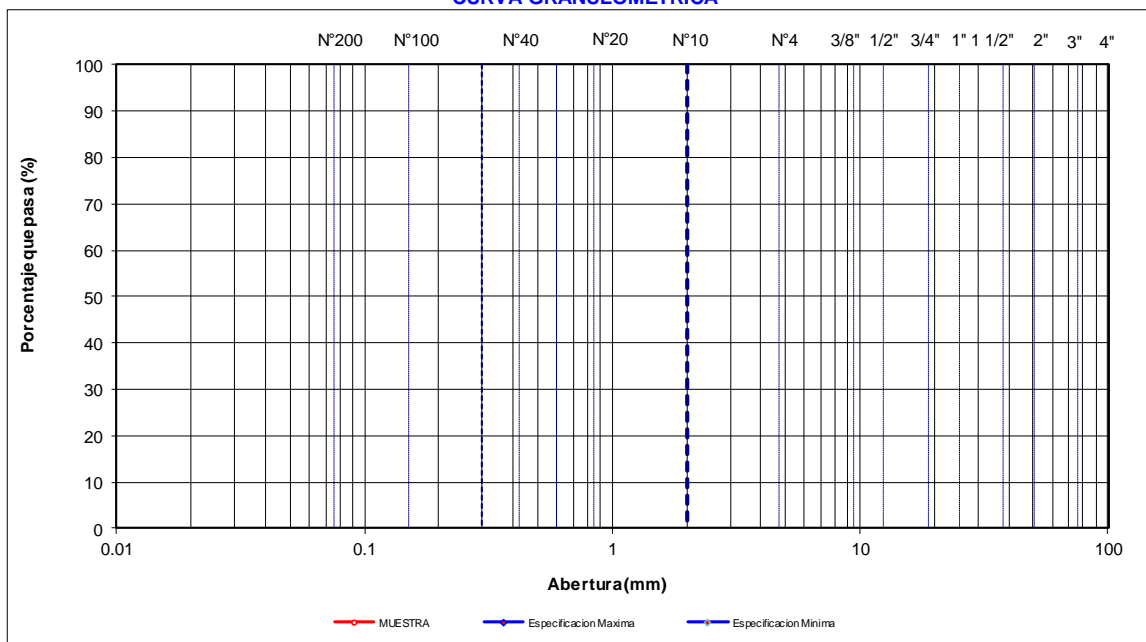
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

PROYECTO :	
MUESTRA :	
CALICATA :	

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTREO :	M - 01	TAMAÑO MAXIMO :	3" g
PROF. (m) :	0.00 - 1.50 m	Peso inicial seco :	0.0 g
		Peso lavado seco :	0 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION GRADACION "A"	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						Contenido de Humedad (%) :
3"	76.200						Límite Líquido (LL) :
2"	50.800						Límite Plástico (LP) :
1 1/2"	38.100						Índice Plástico (IP) :
1"	25.400						Clasificación (SUCS) :
3/4"	19.000						Clasificación (AASHTO) :
1/2"	12.500						Índice de Grupo :
3/8"	9.500						Descripción (AASHTO) :
Nº 4	4.750						Descripción (SUCS) :
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000						Índice de Liquidez:
Nº 16	1.190						Estado del Suelo:
Nº 20	0.840						Índice de Consistencia:
Nº 30	0.600						Estado del Suelo:
Nº 40	0.425						OBSERVACIONES :
Nº 50	0.300						Bolonería > 3" :
Nº 80	0.177						Grava 3" - Nº 4 :
Nº 100	0.150						Arena Nº4 - Nº 200 :
Nº 200	0.075						Finos < Nº 200 :
< Nº 200	FONDO						D50

CURVA GRANULOMETRICA



LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40
(NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

PROYECTO :	0
TRAMO :	
CALICATA :	

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTREO :	TAMAÑO MAXIMO : N° 40
PROF. (m) :	

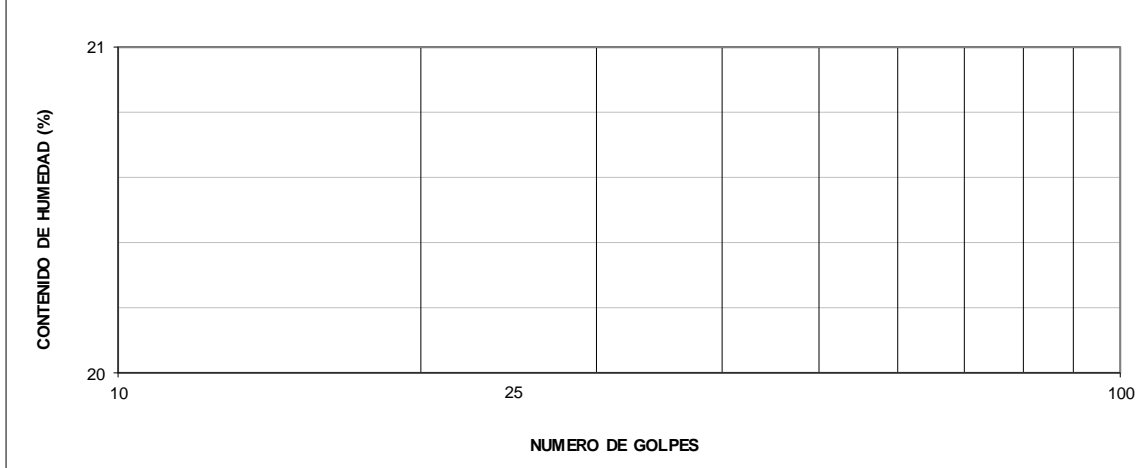
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)				
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)				
PESO DE AGUA	(g)				
PESO DEL TARRO	(g)				
PESO DEL SUELO SECO	(g)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)				
NUMERO DE GOLPES					

LIMITE PLASTICO

N° TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)				
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)				
PESO DE AGUA	(g)				
PESO DEL TARRO	(g)				
PESO DEL SUELO SECO	(g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)				

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	
LIMITE PLASTICO	
INDICE DE PLASTICIDAD	

OBSERVACIONES

--

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

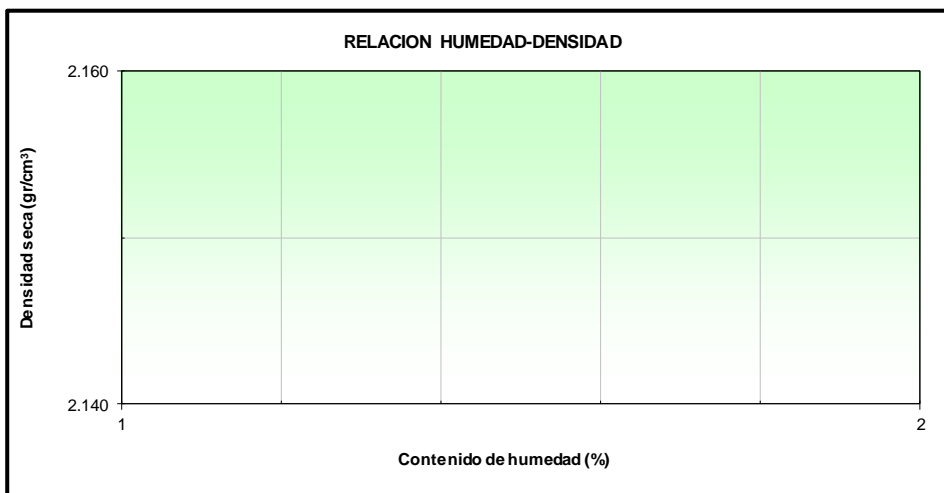
PROYECTO :	
TRAMO :	
CALICATA :	

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTREO :	CLASF. (SUCS) :
PROF. (m): :	CLASF. (AASHTO) :

METODO DE COMPACTACION :

Peso suelo + molde	gr					
Peso molde	gr					
Peso suelo húmedo compactado	gr					
Volumen del molde	cm ³					
Peso volumétrico húmedo	gr					
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr					
Peso del suelo seco + tara	gr					
Tara	gr					
Peso de agua	gr					
Peso del suelo seco	gr					
Contenido de agua	%					
Peso volumétrico seco	gr/cm ³					
						Densidad máxima (gr/cm ³)
						Humedad óptima (%)



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

(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO :	0
TRAMO :	
CALICATA:	

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTREO :	
PROF. (m):	

COMPACTACION						
Molde N°						
Capas N°						
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)						
Peso de molde (g)						
Peso del suelo húmedo (g)						
Volumen del molde (cm ³)						
Densidad húmeda (g/cm ³)						
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)						
Peso suelo seco + tara (g)						
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)						
Peso de suelo seco (g)						
Contenido de humedad (%)						
Densidad seca (g/cm ³)						

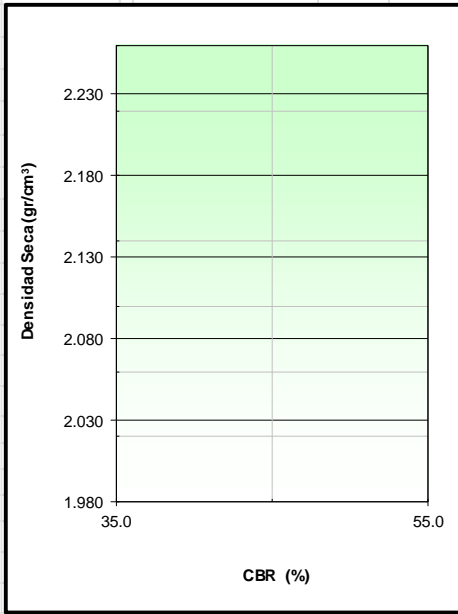
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO :	
TRAMO :	
CALICATA:	

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTREO :	
PROF. (m):	



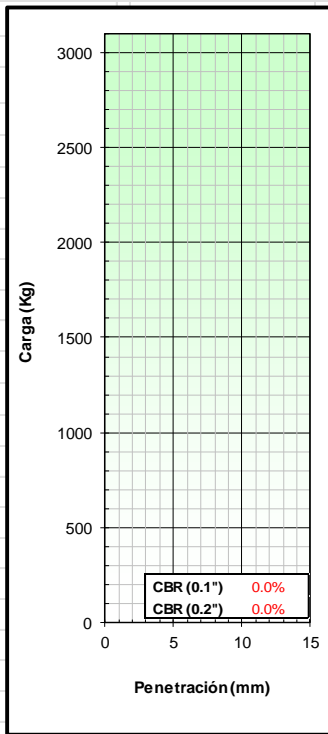
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) :
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) :

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	

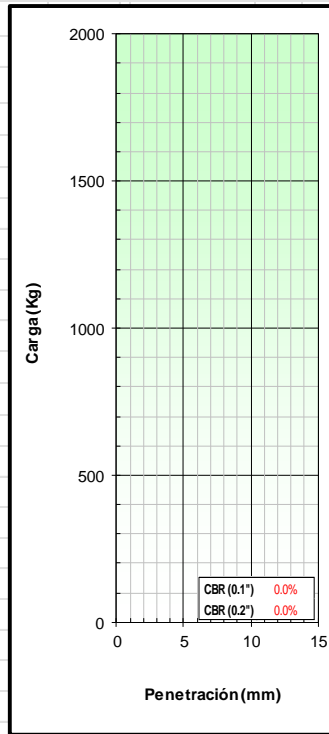
RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = (%)

OBSERVACIONES:

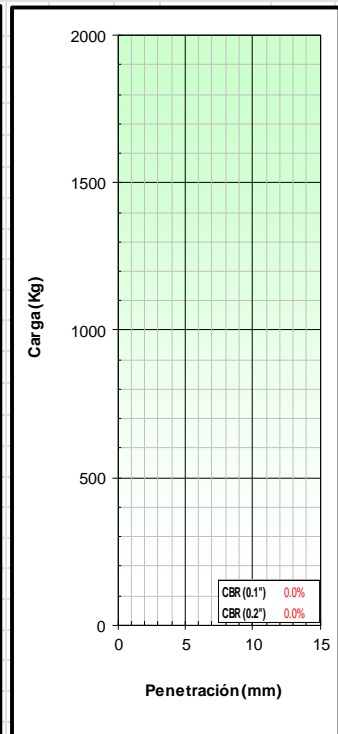
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



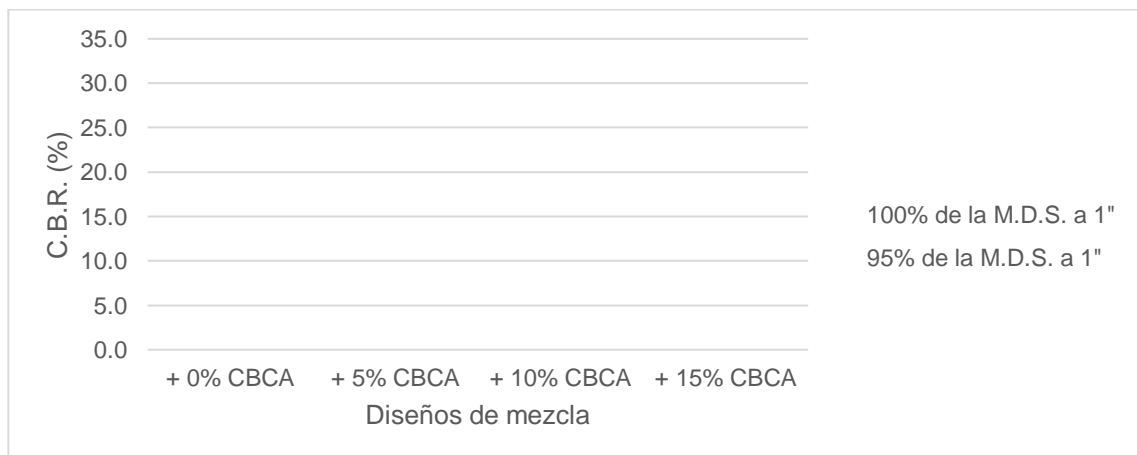
GUIA DE OBSERVACIÓN

Calicata N° _____		Diseños			
		+ 0% CCM	+ 5% CCM	+ 10% CCM	+ 15% CCM
Proctor	Densidad máxima seca (gr/cm ³)				
	Humedad óptima (%)				
CBR	100% de la M.D.S. a 1"				
	95% de la M.D.S. a 1"				
	100% de la M.D.S. a 2"				
	95% de la M.D.S. a 2"				

MODELO DE GRÁFICO PARA EVALUAR INFLUENCIA EN PROCTOR



MODELO DE GRÁFICO PARA EVALUAR INFLUENCIA EN CBR



Anexo 4. Formato de validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO 1: Ceniza de carbón mineral

I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO

1.1 Apellidos y nombres del experto: PEREZ BORRERO JUAN
 1.2 DNI 03590598 Telf. Celular: _____ Email: ingjmbb@gmail.com
 1.3 Grado académico: MAGISTER
 1.4 Profesión: ING. CIVIL
 1.5 Cargo que desempeña: ING. SUELOS
 1.6 Universidad o Centro Laboral _____

II. DATOS PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

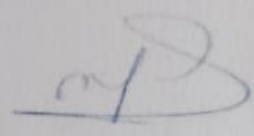
2.1 Nombre del instrumento: _____
 2.2 Objetivo del instrumento: Conocer la composición química del agregado
 2.3 Dirigido a: CCM
 2.4. Autor del instrumento: Segundo Paredes Villanueva y Julio Vargas Huamanquispe.
 2.5. Programa de pregrado: _____

III. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Nº	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
			0-20%	21-40%	41-60%	61- 80%	81-100%
1	CLARIDAD	Esta formulado en lenguaje apropiado					X
2	OBJETIVIDAD	Expresa una conducta observable				X	
3	CONSISTENCIA	Tiene base científica				X	
4	COHERENCIA	Existe relación entre las dimensiones e indicadores.				X	
5	SUFICIENCIA	Comprende aspectos de cantidad y calidad					X
6	METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
7	ORGANIZACIÓN	Existe estructura lógica					X
8	ACTUALIZACIÓN	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.					X
9	INTENCIONALIDAD	Valora la evaluación y desarrollo de capacidades cognoscitivos.				X	
10	Promedio de la valoración						

Opinión de Aplicabilidad: Acceptable

Trujillo, 18 de octubre del 2022


Mg. Ing. Juan Manuel Perez Borrero
 CIP. N° 69807

FICHA DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO 2: Estabilidad de suelo

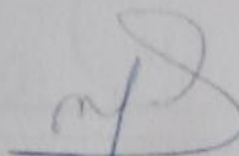
I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO	
1.1 Apellidos y nombres del experto:	PÉREZ BORRERO JUAN
1.2. DNI 03590598 Telf. Celular:	Email: ingjmb@gmail.com
1.3 Grado académico:	MAGISTER
1.4. Profesión:	ING. SUELOS
1.5 Cargo que desempeña:	
1.6 Universidad o Centro Laboral	

I. DATOS PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	
2.1 Nombre del instrumento:	Fichas de recolección de datos. Análisis granulométrico por tamizado, Límites de consistencia, Ensayo Proctor modificado, Relación de soporte de califormia (C.B.R.)
2.2 Objetivo del instrumento:	Conocer las propiedades físico mecánicas del suelo
2.3 Dirigido a:	Suelos
2.4. Autor del instrumento:	RNE
2.5. Programa de posgrado:	

II. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente	
N.º	INDICADORES	CRITERIOS	0-20%	21-40%	41-60%	61- 80%	81-100%
1	CLARIDAD	Esta formulado en lenguaje apropiado				X	
2	OBJETIVIDAD	Expresa una conducta observable					X
3	CONSISTENCIA	Tiene base científica					X
4	COHERENCIA	Existe relación entre las dimensiones e indicadores.					X
5	SUFICIENCIA	Comprende aspectos de cantidad y calidad					X
6	METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
7	ORGANIZACIÓN	Existe estructura lógica					X
8	ACTUALIZACIÓN	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.					X
9	INTENCIONALIDAD	Valora la evaluación y desarrollo de capacidades cognoscitivos.				X	
10	Promedio de la valoración						

Opinión de Aplicabilidad: Acceptable

Trujillo, 18 de octubre del 2022

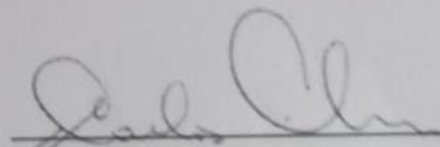

 Mg. Ing. Juan Manuel Pérez Borrero
 CIP. N° 69807

FICHA DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO 1: Ceniza de carbón mineral

I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO							
1.1	Apellidos y nombres del experto: SILVA CASTILLO CARLOS JAVIER						
1.2	DNI 26723583 Telf. Celular: 992631266 Email: CSILVAC@UNP.edu.pe						
1.3	Grado académico: MAGISTER						
1.4	Profesión: ING. CIVIL						
1.5	Cargo que desempeña: DOCENTE						
1.6	Universidad o Centro Laboral: UNP						
II. DATOS PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO							
2.1	Nombre del instrumento:						
2.2	Objetivo del instrumento: Conocer la composición química del agregado						
2.3	Dirigido a: CCM						
2.4	Autor del instrumento: Segundo Paredes Villanueva y Julio Vargas Huamanquispe.						
2.5	Programa de pregrado:						
III. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO							
Nº	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
			0-20%	21-40%	41-60%	61- 80%	81-100%
1	CLARIDAD	Esta formulado en lenguaje apropiado					✓
2	OBJETIVIDAD	Expresa una conducta observable				✓	
3	CONSISTENCIA	Tiene base científica				✓	
4	COHERENCIA	Existe relación entre las dimensiones e indicadores.				✓	
5	SUFICIENCIA	Comprende aspectos de cantidad y calidad					✓
6	METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				✓	
7	ORGANIZACIÓN	Existe estructura lógica				✓	
8	ACTUALIZACIÓN	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.				✓	
9	INTENCIONALIDAD	Valora la evaluación y desarrollo de capacidades cognoscitivos.				✓	
10	Promedio de la valoración						

Opinión de Aplicabilidad: Acceptable

Trujillo, 17 de Octubre del 2022



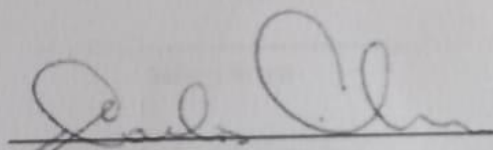
Mg. Ing. Carlos Javier Silva Castillo
 CIP N° 318031
 ODC. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FICHA DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO 2: Estabilidad de suelo

I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO							
1.1	Apellidos y nombres del experto: SILVA CASTILLO CARLOS JAVIER						
1.2	DNI 26723583 Telf. Celular: 992631260 Email: CSILVAC@UNP.edu.pe						
1.3	Grado académico: MAQUISTEA						
1.4	Profesión: ING. CIVIL						
1.5	Cargo que desempeña: Docente						
1.6	Universidad o Centro Laboral UNP						
I. DATOS PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO							
2.1	Nombre del instrumento: Fichas de recolección de datos, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de consistencia, Ensayo Proctor modificado, Relación de soporte de california (C.B.R.)						
2.2	Objetivo del instrumento: Conocer las propiedades físico mecánicas del suelo						
2.3	Dirigido a: Suelos						
2.4	Autor del instrumento: RNE						
2.5	Programa de posgrado:						
II. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO							
N.º	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
			0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
1	CLARIDAD	Esta formulado en lenguaje apropiado					✓
2	OBJETIVIDAD	Expresa una conducta observable					✓
3	CONSISTENCIA	Tiene base científica					✓
4	COHERENCIA	Existe relación entre las dimensiones e indicadores.					✓
5	SUFICIENCIA	Comprende aspectos de cantidad y calidad					✓
6	METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				✓	
7	ORGANIZACIÓN	Existe estructura lógica				✓	
8	ACTUALIZACIÓN	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.					✓
9	INTENCIONALIDAD	Valora la evaluación y desarrollo de capacidades cognoscitivas.				✓	
10	Promedio de la valoración						

Opinión de Aplicabilidad: Acceptable

Trujillo, 17 de octubre del 2022



Mg. Ing. Carlos Javier Silva Castillo
 CIP N° 118031
 DOC. UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FICHA DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO 1: Ceniza de carbón mineral

I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO

1.1 Apellidos y nombres del experto: CHUMACERO CORDOVA ROSARIO
 1.2. DNI 02744296 Telf. Celular: 962244268 Email: ccr.21@gmail.com.
 1.3 Grado académico: MAGISTER
 1.4. Profesión: INGENIERO CIVIL
 1.5 Cargo que desempeña: PLANIFICADORA
 1.6 Universidad o Centro Laboral: GOB. REGIONAL PIURA.

II. DATOS PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

2.1 Nombre del instrumento:
 2.2 Objetivo del instrumento: Conocer la composición química del agregado
 2.3 Dirigido a: CCM
 2.4. Autor del instrumento: Segundo Paredes Villanueva y Julio Vargas Huamanquispe.
 2.5. Programa de pregrado:

III. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Nº	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
			0-20%	21-40%	41-60%	61- 80%	81-100%
1	CLARIDAD	Esta formulado en lenguaje apropiado				X	
2	OBJETIVIDAD	Expresa una conducta observable				X	
3	CONSISTENCIA	Tiene base científica					—
4	COHERENCIA	Existe relación entre las dimensiones e indicadores.					—
5	SUFICIENCIA	Comprende aspectos de cantidad y calidad					—
6	METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					—
7	ORGANIZACIÓN	Existe estructura lógica				—	
8	ACTUALIZACIÓN	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.				—	
9	INTENCIONALIDAD	Valora la evaluación y desarrollo de capacidades cognoscitivos.				—	
10	Promedio de la valoración						

Opinión de Aplicabilidad: Aceptable

Trujillo, 19 de Octubre del 2022


 Sello y firma

Mg. Ing. Rosario Chumacero Cordova
 CIP Nº 53290
 CIP Nº 53290

FICHA DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO 2: Estabilidad de suelo

I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO

1.1 Apellidos y nombres del experto: *CHUMACERO CORDOVA ROSARIO*
 1.2. DNI *02794296* Telf. Celular: *962244260* Email: *ccr-21@gmail.com*
 1.3 Grado académico: *Magister*
 1.4. Profesión: *ing civil*
 1.5 Cargo que desempeña: *Planificador*
 1.6 Universidad o Centro Laboral *Gob. Regional - Pucuk*

I. DATOS PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

2.1 Nombre del instrumento: Fichas de recolección de datos. Análisis granulométrico por tamizado, Límites de consistencia, Ensayo Proctor modificado, Relación de soporte de california (C.B.R.)

2.2 Objetivo del instrumento: Conocer las propiedades físico mecánicas del suelo

2.3 Dirigido a: Suelos

2.4. Autor del instrumento: RNE

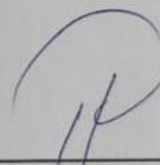
2.5. Programa de posgrado:

II. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

N.º	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
			0-20%	21-40%	41-60%	61- 80%	81-100%
1	CLARIDAD	Esta formulado en lenguaje apropiado					—
2	OBJETIVIDAD	Expresa una conducta observable					—
3	CONSISTENCIA	Tiene base científica					—
4	COHERENCIA	Existe relación entre las dimensiones e indicadores.				—	
5	SUFICIENCIA	Comprende aspectos de cantidad y calidad					—
6	METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				—	
7	ORGANIZACIÓN	Existe estructura lógica				—	
8	ACTUALIZACIÓN	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.					—
9	INTENCIONALIDAD	Valora la evaluación y desarrollo de capacidades cognoscitivos.				—	
10	Promedio de la valoración						

Opinión de Aplicabilidad: *si es aplicable*

Trujillo, *19* de *octubre* del 2022



Sello y firma

Mg. Ing. Rosario Chumacero Cordova
 C.R.P. 89280



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CASTILLO CHÁVEZ JUAN HUMBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis Completa titulada: "Estabilidad de suelos arcillosos con fines de pavimentación incorporando ceniza de carbón mineral en camino Chamis - Cahuadan, Huamachuco, 2022", cuyos autores son VARGAS HUAMANQUISPE JULIO CESAR, PAREDES VILLANUEVA SEGUNDO MOISES, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 02 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CASTILLO CHÁVEZ JUAN HUMBERTO DNI: 18102931 ORCID: 0000-0002-4701-3074	Firmado electrónicamente por: CASTILLOCH el 16- 12-2022 09:26:23

Código documento Trilce: TRI - 0469362