



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Influencia de la ceniza de cascara de café en las propiedades físico  
mecánicas de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Huancapaza Laura, Amilcar Pascual (ORCID: [0000-0001-7676-7193](https://orcid.org/0000-0001-7676-7193))

**ASESOR:**

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: [0000-0002-0655-523X](https://orcid.org/0000-0002-0655-523X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

A Dios por cuidarme todo este tiempo y haberme permitido llegar a este momento de mi vida.

A mi padre Pascual Huancapaza Mamani y mi madre Silvia Gumercinda Laura Quispe, por todo lo que me han dado en esta vida, especialmente por sus sabios consejos y por estar a mi lado en los momentos difíciles, por guiarme aún en mis momentos de debilidad.

## **Agradecimientos**

A mis padres y en especial a mi madre por su constante exigencia para continuar con mi desarrollo profesional.

A mi asesor Mg. Ing. Carlos Danilo Minaya Rosario, que me guio durante todo este proceso de investigación.

A mi futura esposa Larissa L. Chambi Vilca, a mi hija Sofía que se ha vuelto participe en este proceso por ser un motivo más para desarrollarme como profesional.

A mis familiares y amigos por su constante apoyo.

## Índice de Contenido

Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria .....	i
Índice de Contenido .....	iii
Índice de Tablas .....	iv
Índice de figuras y gráficos.....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	14
3.2. Variable y operacionalización.....	15
3.3. Población, Muestra y muestreo.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5. Procedimientos .....	20
3.6. Método de Análisis de datos .....	21
3.7. Aspectos éticos .....	21
IV. RESULTADOS .....	22
V. DISCUSIÓN.....	38
VI. CONCLUSIONES.....	42
VII. RECOMENDACIONES .....	43
REFERENCIAS.....	44
ANEXOS	



## Índice de tablas

Tabla 3. 1. Número de Calicatas para la caracterización de suelos.	16
Tabla 3. 2. Número de Ensayos Mr y CBR.	17
Tabla 3. 3. Población - Muestra.	18
Tabla 3. 4. Cantidad de ensayos a realizar.	18
Tabla 3. 5. Ensayos de laboratorio.	20
Tabla 4. 1. Resumen de Clasificación de suelos – calicatas.	28
Tabla 4. 2. Resultados de pruebas de muestra natural (MN).	29
Tabla 4. 3. Resumen de índices de Plasticidad.	32
Tabla 4. 4. Resumen de OCH y MDS.	34
Tabla 4. 5. Resumen de CBRs.	36

## Índice de figuras y gráficos

Figura 4. 1. Mapa del Perú.	24
Figura 4. 2. Mapa de la región Puno.	22
Figura 4. 3. Localización de la carretera Yanahuaya - Caballuni.	22
Figura 4. 4. Calicata N° 01.	25
Figura 4. 5. Calicata N° 02.	23
Figura 4. 6. Curva granulométrica para la muestra 01 de la calicata 01.	24
Figura 4. 7. Curva granulométrica para la muestra 02 de la calicata 01.	25
Figura 4. 8. Curva granulométrica para la muestra 01 de la calicata 02.	26
Figura 4. 9. Curva granulométrica para la muestra 02 de la calicata 02.	26
Figura 4. 10. Curva granulométrica para la muestra 01 de la calicata 03.	27
Figura 4. 11. Curva granulométrica para la muestra 01 de la calicata 04.	28
Figura 4. 12. Límites de consistencia de MN.	29
Figura 4. 13. Contenido de humedad inicial de MN.	30
Figura 4. 14. Máxima Densidad Seca de MN.	30
Figura 4. 15. CBR de MN.	31
Figura 4. 16. Ensayo Copa Casagrande.	34
Figura 4. 17. Ensayo Limite Liquido.	32
Figura 4. 18. Gráfico del Ensayo de Atterberg con la incorporación de CCC.	32
Figura 4. 19. Mezcla MN+15% CCC.	35
Figura 4. 20. Ensayo Proctor Modificado.	33
Figura 4. 21. OCH con la incorporación de CCC.	34
Figura 4. 22. MDS con la incorporación de CCC.	35
Figura 4. 23. Muestra Natural para CBR.	36
Figura 4. 24. Lectura de resultados CBR.	36
Figura 4. 25. Grafico de CBRs con la incorporación de CCC.	37

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como **objetivo principal** evaluar la incorporación de la ceniza de Cascara de café (CCC) para mejorar las propiedades físico mecánicas del suelo, sabiendo que hoy en día esto no es frecuente ni aplicado por falta de investigaciones, por esto ayudara a que puedan aprovechar de manera eficiente la cascara de café. Se utilizó una **metodología** cuasi experimental, la población tomada del tramo Yanahuaya – Caballuni de 4 km, la muestra se recopilo de 4 km, así mismo se realizaron ensayos de límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR. Los **resultados** de la investigación que se obtuvo al incorporar 15%, 20% y 25% de CCC, se determinó que el índice de plasticidad disminuyo 9.38% (25% CCC), máxima densidad seca aumento en  $0.114 \text{ gr/cm}^3$  (20% CCC) e incremento de CBR del 22% (20% CCC). En el presente estudio se **concluye** que es posible la estabilización de los suelos incorporando la ceniza de Cascara de café ya que mediante los ensayos realizados en laboratorio con las muestras del tramo Yanahuaya - Caballuni.

**Palabras Claves:** Ceniza, cascara, café, subrasante, propiedades, física, mecánicas.

## ABSTRACT

The main objective of the present investigation was to evaluate the incorporation of coffee husk ash (CCC) to improve the physical-mechanical properties of the soil, knowing that nowadays this is not frequent or applied due to lack of research, therefore it will help to can efficiently use the coffee husk. A quasi-experimental methodology was used, the population taken from the Yanahuaya - Caballuni section of 4 km, the sample was collected from 4 km, likewise, Atterberg, Modified Proctor and CBR limits tests were carried out. The results of the research that was obtained by incorporating 15%, 20% and 25% of CCC, it was determined that the plasticity index decreased 9.38% (25% CCC), maximum dry density increased by 0.114 gr/cm<sup>3</sup> (20% CCC) and CBR increase of 22% (20% CCC). In the present study it is concluded that it is possible to stabilize the soils by incorporating the coffee Cascara ash, since through the tests carried out in the laboratory with the samples from the Yanahuaya – Caballuni.

**Keywords:** Ash, husk, Coffee, subgrade, physical, mechanical, properties.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, existen varios métodos para estabilizar terrenos y adquirir un incremento en sus propiedades físicas y mecánicas de una subrasante, en países sudamericanos como Colombia, Ecuador y Chile; se optó por la utilización de material reciclable o inorgánico, esto con el fin de aportar a factores ambientales y socio-económicos, donde se indagó aumentar su capacidad de resistencia, durabilidad y reducir su plasticidad. La importancia de la aplicación de tales métodos, yace por la necesidad de contar con vías transitables y que cumplan con la vida útil de diseño, evitándose también el deterioro de la estructura misma del pavimento. En las locaciones mencionadas los problemas de fallas de pavimento disminuyeron con la mejora de las propiedades de la subrasante, esto conlleva la estabilización de los suelos de fundación con materiales como casca de café (ceniza), ceniza de combustión de lecho fluido y ceniza de cascarillas de arroz; ello con el fin de disminuir fallas a corto plazo, evitar conservaciones prematuras de vías.

Para solucionar lo anteriormente sustentado, es necesario incrementar el CBR de los suelos de fundación mediante la adición de aditivos o similares, esto contribuiría en la reducción de espesores de las capas de sub base y base, y por ende la reducción de los costos en ejecución (presupuesto).

En el Perú, el valle de Cajamarca dicho suelo está instituido por establecimientos cuaternarios compuestos por materiales residuales, donde se puede presenciar arcillas y limos, esto debido por la erosión de las sucesiones fragmentarias por otro lado las sucesiones no fragmentarias de las rocas ocasionan deformación al suelo como consecuencia del alto grado de saturación debido a que se presencian intensas lluvias todo ello ocasionan las fallas en diversos pavimentos (rígidos y flexibles) Fernández (2017). Actualmente, en el Perú en la zona de la costa se puede presenciar distintos problemas entre ellos se encuentra la erosión costera. Dicha zona es sometida a los movimientos telúricos por tal motivo esta propensa a sufrir licuaciones del suelo a causa a que la zona costera presenta alto grado de saturación por lo que es un suelo cohesivo, teniendo como resultado las fallas en las vías, deslizamientos de tierras Silva (2019). En la zona de Ccoripacha situada en el barrio de San Cristóbal, Huancavelica se halla un suelo arcilloso expansivo, al efectuar un proyecto de construcción de carreteras, esta presenta principalmente

un problema que es el CBR muy bajo, dicho esto es necesario considerar que el empleo de aditivos de origen químico para estabilizar los suelos tiene mucha demanda en el Perú Ponce (2018). En Abancay, la Urbanización de San Luis se presencia una uniformidad de suelos. Los pavimentos rígidos como vías y plataformas se pueden notar la pérdida de los agregados finos, también se observa hundimientos o asentamientos que dañifican al transporte vial, de igual manera, se puede notar que la subrasante presenta fallas longitudinales, transversales y diagonales López y Ortiz (2018). En la ciudad de Juliaca se pueden presenciar una variedad de proyectos recientes con deficiencias y teniéndose daños severos en zonas donde el CBR está por debajo de lo requerido Palli (2015).

El distrito de Yanahuaya, se encuentra ubicado en el Noreste del departamento de Puno, con una altitud media de 1150.00 m.s.n.m. Donde actualmente es una población con alta humedad, estando a 33 km. al Este de la localidad de Sandia-Puno; en este distrito, las plataformas de las vías presentan superficies de rodadura que está a nivel de deterioro, en mal estado casi en su totalidad con una capa de rodadura de materiales de estado regular y en algunos tramos en mal estado de la carretera, donde se presentan deformaciones y encaminamiento debido a la erosión eólica y fluvial que está sometida a subrasante de la carretera, ocasionando las deformación y hundimientos surgiendo baches. Por ello en la presente investigación se pretende conocer la influencia de la Ceniza de Cascara de Café en las propiedades físicas de la subrasante, con el fin de proporcionar una alternativa de estabilización de suelos arcillosos, acorde al tipo de suelo encontrado, este se encuentra en el rango de suelos arcillosos, sin embargo, en sus calles circulan vehículos sobre la subrasante desnivelada y en mal estado, generando malestar a los usuarios que transportan productos agrícolas de primera necesidad y evitar el deterioro estos; dicho esto es que, se plantea una alternativa de solución que es la incorporación de ceniza de cáscara de café en porcentajes definidos y así precisar de qué manera influye este en la subrasante, conociéndose los cambios en sus propiedades físicas y dando como alternativas de solución al deterioro prematuro de vías con baja capacidad de soporte, la actual problemática, muchas de las carreteras en Yanahuaya se encuentran a nivel de trochas carrozables y contienen material arcilloso, pero por necesidad vienen siendo transitadas (siembra y cultivo) por los pobladores; ante esta demanda de uso y para

su estabilización se propone su mejoramiento adicionando un material que es ceniza de cascara de café; que logre disminuir el índice de plasticidad, aumentar su máxima densidad seca, reducir el contenido de humedad y aumentar el índice de la resistencia del suelo. Es necesario mencionar que el café como tal es producto más emblemático de Yanahuaya por su calidad; por ende, se tiene grandes cultivos del mismo, así mismo dentro del proceso para conseguir el grano de café, se lleva al molino en donde se retira la cascara del café, el mismo que tiene uso limitado.

De acuerdo a esta realidad problemática es fundamental y necesario encontrar una solución, por tal motivo surge formulación de la problemática. Teniéndose como *problema general*: ¿De qué manera Influye la ceniza de Cascara de Café en las Propiedades físico Mecánicas de la Sub rasante en Yanahuaya - Sandía - Puno 2021?, asimismo como *problemas específicos* tenemos: ¿Cuánto influye la ceniza de cascara de café en el índice de plasticidad de la sub rasante, Yanahuaya-Sandía-Puno 2021?; ¿Cuanto Influye la ceniza de cascara de café en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad de la sub rasante, Yanahuaya-Sandía-Puno 2021? Y ¿Cuánto influye la ceniza de cascara de café en el índice de la resistencia del suelo en la sub rasante, Yanahuaya-Sandía-Puno 2021?

Se puede justificar esta investigación planteando nuevas alternativas de solución para mejorar la subrasante, mediante la adición de la Ceniza de cascara de café, en porcentajes; La justificación en presente investigación, empieza técnicamente, ya que el trabajo de investigación tiene como finalidad dar a conocer y estimular a los estudiantes de Ingeniería Civil sobre la diversidad de métodos existentes para estabilizar sub rasantes las cuales son muy importantes a la hora de hacer un expediente técnico. Desde un punto de vista ambiental, se justifica que, el uso de la cascara de café tiene como propósito crear conciencia que se puede aprovechar el residuo, que muchas veces son tratadas como desperdicio, así buscar de esta manera optar por darle uso, así se considerarán las normas técnicas dadas en el diseño de carreteras y ensayos de laboratorio. Además, socialmente, la población de Yanahuaya está beneficiada puesto que la población en su mayoría se dedica a la Agricultura y por ende necesitan tener acceso a sus sembríos, al realizar obras de mantenimiento que no cumplen el desempeño previsto, por consiguiente, la población se verá beneficiada con el presente trabajo de investigación. Finalmente,

se justifica económicamente, ya que el desarrollo económico de una ciudad o país está ligado mediamente con la construcción de vías terrestres, puesto que se realizan con mayor comodidad actividades como el transportar de diferentes tipos de productos agrónomos, acceso a los centros de trabajo, puestos de sanidad, entre otros las cuales a mediano o corto plazo reforzar a la economía.

En la presente investigación se tiene como *objetivo general*: Analizar la incorporación de la ceniza de Cascara de Café mejora las Propiedades físico Mecánicas de la sub rasante en Yanahuaya - Sandia - Puno 2021, y siendo los *objetivos específicos*: primero especificar la influencia de la ceniza de cascara de café sobre el índice de plasticidad en la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021, segundo determinar la influencia de la ceniza de cascara de café sobre la máxima densidad seca y el contenido de humedad de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021 y tercero Indicar la influencia de la ceniza de cascara de café sobre el índice de la resistencia del suelo en la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.

Se plantea la *hipótesis general* que es: La incorporación de la ceniza de Cascara de Café mejora las Propiedades físico Mecánicas de la sub rasante en Yanahuaya - Sandia - Puno 2021. Además de las *hipótesis específicas* que son: primero la incorporación de la ceniza de cascara de café disminuye el índice de plasticidad en la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021, segundo la incorporación de la ceniza de cascara de café aumenta la máxima densidad seca y reduce el contenido de humedad de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021 y tercero la incorporación de la ceniza de cascara de café aumenta el índice de la resistencia del suelo en la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.



## II. MARCO TEÓRICO

A nivel nacional tenemos a **Goñas, O. (2019)** como **objetivo** en su investigación es evaluar cuanto influye un sub producto conseguido a partir de la combustión de carbón mineral y carbón de origen vegetal (cenizas de carbón) originario de las empresas dedicadas a la fabricación de ladrillos en la ciudad de Chachapoyas (se tuvo dosificaciones de 15%, 20% y 25% respecto al volumen.) La **metodología** utilizada en el presente estudio es de tipo aplicada y diseño experimental, los **resultados** la adición de proporciones de ceniza de carbón en porcentajes de 15%, 20% y 25% respecto al peso; reduciendo el índice de plasticidad en un 8% (ceniza de carbón al 25% respecto al volumen) y un 5% (ceniza de carbón al 25% respecto al volumen de una segunda calicata), un Proctor estándar que aumento en un 0.045 gr/cm<sup>3</sup> respecto a la muestra patrón (25% de ceniza de carbón), en cuanto al ensayo de CBR se tuvo un aumento de 17.20% (25% de ceniza de carbón) Se **concluyó** que con la incorporación de ceniza de carbón aporta de manera favorable en el mejoramiento de arcillas expansivas, razón por la cual se incrementó el valor de CBR, por lo que se puede afirmar que con la adición de cenizas de carbón se logró mejorar las características mecánicas del suelo. [1]

**Espinoza, A. y Velásquez, J. (2018)** para optar el grado de ingenieros civiles, en su trabajo de investigación teniendo como **objetivo** conseguir el mejoramiento de suelos arcillosos con la adición de Ceniza de Caña de Azúcar (adición de un 10%, 20% y 30% respecto al volumen). La **metodología** es de método científico, tipo aplicada y con un nivel de investigación de tipo experimental, el enfoque utilizado en dicho estudio es cuantitativo, la **muestra** de 3 calicatas, obteniendo **resultados** se tuvo en Limites de Atterberg con un índice de plasticidad inicial de 16.11% (muestra patrón) un disminución al 9.73% (20% de adición de CCA), un CBR que aumento de un 4.81 % (Muestra patrón) a un 15.18% (20% ceniza de caña de azúcar), así mismo en ensayo de expansión (capacidad portante) se tuvo un 1.47% (Muestra patrón) 0.24% (20% de adición de CCA) **Conclusiones:** con la mezcla del suelo con ceniza proveniente de caña de azúcar se consiguió el mejoramiento del suelo puesto que se mejoró las características físico mecánicas del mismo, no obstante al agregar el 25% de ceniza de caña de azúcar aumenta el índice de plasticidad (desfavorable) y reduce su CBR y expansión (capacidad portante)

desfavorable), se recomendó usar en futuros trabajos de investigación porcentajes dentro del rango del 20% y 25% de adición de CCA. [2]

**Mamani, L. y Yataco, A. (2017)** que tiene como **objetivo** establecer en qué medida incide la ceniza de madera de fondo proveniente de fábricas de ladrillos artesanales, en el mejoramiento de suelos arcillosos en la región de Ayacucho, con porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de la CMF, La investigación tiene un diseño experimental, el tipo de investigación es Aplicada, de **nivel** descriptivo, la población será la Urbanización San Luis de la ciudad y provincia de Abancay, la **muestra** se tomó en el kilómetro 17 de la carretera Huamanga – Pacaicasa en la provincia de Huamanga, los **resultados** con una muestra patrón se obtuvo un índice de plasticidad de 59.34% y disminuyendo a medida que se adiciona la CMF en 20.42%, 19.20%, 18.78%, 18.45% y 17.86%; Proctor Modificado se tuvo con la muestra patrón de 1.472 gr/cm<sup>3</sup> y 1.403 gr/cm<sup>3</sup>, 1.433 gr/cm<sup>3</sup>, 1.506 gr/cm<sup>3</sup>, 1.431 gr/cm<sup>3</sup> y 1.422 gr/cm<sup>3</sup> Se **concluyó** que el índice de plasticidad continúa disminuyendo (favorable) a medida que se adiciona la ceniza; no obstante la máxima densidad seca tiene como pico en el 30% de adición de ceniza de madera de fondo. [3]

A nivel **internacional** se tiene como antecedente a **Cobos, M. Ortegón, C. y Peralta, J. (2019)** que en su investigación se tiene como **objetivo**: Evalúan sus características geotécnicas de suelos provenientes de un volcán con cenizas producto de la quema de la cáscara de coco y del grano de café. (características físico-mecánicas de mezcla suelo volcánico – ceniza de cascara de café) El **estudio** es de tipo experimental, con una **población** constituida por los diferentes ensayos geotécnicos que se desarrollaron, los **instrumentos** que se necesitaron para el desarrollo del estudio fueron equipamiento de ensayos de suelos, se logró como **resultado**, que la adición de Ceniza de cascara de café (MP, 5%, 10% y 15%), potencio las propiedades del suelo, al adicionar el 15% de ceniza, se consiguieron grados de compactación con un promedio de 99.63 (CBR al 100%) . **Se concluyó** que, haciendo uso de suelos provenientes de un volcán con proporciones de biomasa, es una solución que ayudará a conseguir el mejoramiento de sub rasantes con un presupuesto reducido, asimismo se

recomendó que por las características similares de la ceniza (contenido de sílice) usar diferentes tipos de cenizas para la estabilización de suelos. [4]

**Chicaiza, E. y Oña, F. (2018)** en su investigación para conseguir el grado de ingeniero Civil, posee como **objetivo**: Analizar el desarrollo de estabilización de arcillas expansivas adicionando puzolana extraída de la ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes de 10%, 20% y 30% respecto al volumen, se realizaron diferentes ensayos de laboratorio, como **resultados** demuestra un descenso en el índice de plasticidad al 26% (con ceniza de cascarilla de arroz al 30%), ahora a través el test geotécnico de Proctor modificado se consiguió una máxima densidad seca de 1.640 gr/cm<sup>3</sup> con un contenido óptimo de humedad de un 19.66% (respecto al 20% de ceniza de cascarilla de arroz), **se concluye** que agregar el 20% de la ceniza de cascarilla de arroz aumenta sus propiedades mecánicas; pero con un 30% del mismo empieza a decrecer la curva de la densidad seca máxima versus el óptimo contenido de humedad; no obstante el incluir este mismo porcentaje en las características físicas (Índice de plasticidad) se continua reduciendo el mismo, lo cual es positivo para la estabilización de suelos en Manabí – Ecuador, Se recomienda usar porcentajes dentro del rango del 20% y 30% para poder hallar un óptimo porcentaje (CCA) de grado de compactación, por ende una máxima densidad seca y un óptimo contenido de humedad. [5]

**Acevedo, L. (2009)** para lograr el grado magister en ciencias de la ingeniería y teniendo como **objetivo** examinar a nivel de laboratorio el comportamiento del material altamente expansivo estabilizado con ceniza FBC (combustión de lecho fluido) con porcentajes variados, aunque se tomaron como base el porcentaje de 15%. Usando una **metodología** de tipo aplicada y experimental, **resultados** las dosificaciones del mismo en distintas calicatas (05) varia, teniendo una disminución del índice de plasticidad de un 3%, 11% y 12%, no obstante en una calicata le aumento el índice de plasticidad en 3%, de la misma manera en el test de Proctor modificado se tiene resultados de un aumento de 0.04, 0.13, 0.05 y 0.05 kg/lt, Se **concluyó** la ceniza FBC es un buen estabilizador, ya que contiene componentes puzolánicos principalmente sílice, sin embargo en suelos con potencial expansión y dependiendo de la cantidad de sulfatos presente en estos disminuye la expansión pero también baja la resistencia del suelo, aun así presenta mejor comportamiento

que un suelo natural, así mismo se recomienda usar algún agente químico repelente de agua para así evitar que la mezcla suelo-ceniza pueda absorber más agua. [6]

En otros idiomas tenemos a **Yadav, K., Gaurav, K., Kishor, R. y Suman, S. (2017)** had as **objective** To investigate the physical and engineering properties of natural soil and stabilized soil by adding 2.5%, 5%, 7.5%, 10% and 12.5% of ash in soil. (Investigate the physical and engineering properties of natural soils and stabilized soils by adding 2.5%, 5%, 7.5%, 10% and 12.5% of ashes in soil). The result obtained by incorporating different percentages of ash in the soil is that the plasticity was reduced as the ash percentages were added from 2.5% to 12.5%. The plasticity index of the soil varies from 13% to 24%, from 16.8% to 50% and from 13% to 52.4%, based on the maximum value of CBR and UCS, the ash content for stabilization is obtained as the optimum value. i.e. 7.5%. At this value, there is a relatively low dry density and high moisture content which will be useful for controlling volumetric changes. Therefore, this optimum value can be considered for soil stabilization for subgrade construction. [7]

**Beeghly, J. (2003)** in their research work and Class F fly ash stabilization can be economically designed for long-term performance for suitable soils, LFA can offer cost savings by reducing material cost by up to 50% compared to stabilization with Portland cement targeting The key points include both additives (lime and LFA) achieved the desired USC of 100 psi, the desired value for long term durability in this case, both admixtures increased the optimum moisture content while decreasing the maximum dry density compared to the untreated material, both admixtures significantly increased the CBR compared to the untreated material, it is concluded that permanent improvements to the pavement subgrade allow for a reduction in pavements thickness.in one case, this reduction saved over 20% of the cost of the pavement without stabilization. (Permanent improvements to the pavement subgrade allow for a reduction in pavement thickness. In one case, this reduction saved more than 20% of the cost of pavement without stabilization) this implies that positive results were obtained, Full depth reclamation (FDR) using LFA is not well documented. Limited test results show that it is a viable option that deserves attention. [8]

**Kumar, A. y Biradar, K. (2014)** Reduction in percentage of void causes increase in MDD of soil up to 40% of Quarry dust. Furthermore increase in Quarry dust reduces MDD due to more occupation of quarry dust, The CBR value of the soil increases as the proportion of quarry dust increases up to 40%, furthermore, the increase of quarry dust reduces the CBR value. As a higher percentage reduction in void ratio affects the higher CBR value in soil + (40%) quarry dust mixtures. it was concluded that evaluating the effect of quarry dust addition in conventional soils reveals the following, the addition of quarry dust to the soil reduces the clay content, therefore, increases the amount of coarser particles, decreases the liquid limit by 26, 86% and plasticity index 28.48% of unamended soil, optimum soil moisture content is reduced by 36.71%, with increase in percentages of quarry dust, maximum dry density of soil increases by 5.88% by addition of (40%) quarry dust. It is also identified that the addition of (40%) quarry dust produces a high CBR value. [9]

A nivel de artículos tenemos a **Thenoux, G. Y Carrillo, H. (2002)** posee como objetivo, evaluar el producto de la adición de cenizas FBC (Fluidized Bed Combustion) en suelos finos[...], dichas cenizas se adicionaron en porcentajes de 6%, 10%, 15% y 20%, los resultados conseguidos en dicha investigación permitió afirmar que es factible el uso la ceniza FBC para para mejorar la características de los suelos finos plásticos (arcillas). Asimismo, considerando que su utilización mejora el comportamiento de los componentes de las capas del terraplén, en especial del suelo de sub rasante en vías de trocha carrozable [...]. La utilización de ceniza FBC volante permite ampliar los valores de capacidad de soporte de la sub rasante y por ende mejorar la trabajabilidad de las distintas capas granulares que son parte de una vía. De la misma manera, ayuda desarrollar la susceptibilidad a la presencia de agua de los suelos, principalmente en suelos cohesivos con un bajo grado de plasticidad o menor presencia de arcillas. La añadidura de ceniza FBC puede triplicar la resistencia mecánica, si se complementa el efecto de hacer menor propenso al suelo frente a la acción agua, se puede lograr en conjunto mayor durabilidad del suelo como sub rasante, el suelo natural exhibe una resistencia alrededor de 7 kgf/cm<sup>2</sup>, por tanto es un suelo que presenta arcilla y con una aparente buena calidad cuando no presenta humedad, al incorporar un 20% de ceniza se aprecia que alcanza una resistencia mecánica de 14 kgf/cm<sup>2</sup>, es decir logra una mejora significativa en esta característica del suelo. [10]

**Padilla, E. y Serrano, E. (2018)** en su artículo, posee como **objetivo** coleccionar estudios de envergadura en el cual las características de la sub rasante mediante la adición de fibras de origen natural y sintéticas para incrementar sus propiedades de manera positiva; su **metodología** fue realizar una revisión bibliográfica de estudios sobresalientes donde se logró establecer un mejoramiento de las características mecánicas del suelo, de la misma manera, evaluar la modificación del suelo de subrasante con la incorporación de polímeros y realizar una comparación de los resultados que se obtuvieron en múltiples estudios **experimentales** donde se aprecia que la mezcla de cemento puzolánico con el suelo se realizó en diversos contextos y realidades distintas, como **resultados** se estableció que un 65% de los estudios encontrados, son de publicaciones donde el parámetro de resistencia al corte son variados; donde la tercera parte investigaciones son realizadas para analizar los resultados que mostrará el uso de fibras poliméricas en la resistencia a la tracción del suelo, de la misma manera el 5 % buscó hallar la resistencia axial, todas estas son propiedades mecánicas, se **concluye** que existe un aumento de manera positiva, relacionado con el tipo de material empleado para la combinación con el suelo, para el incremento de la resistencia a la compresión se necesita de 9% de cemento puzolánico y fibras en un 0,75 %. [11]

**Ojeda, O, Baltazar, M. y Zamora, J. (2018)** en su artículo, tiene como **objetivo** evaluar los efectos de la ceniza producto de la quema de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como un reemplazante parcial del Cemento Portland Compuesto, para mejorar las capacidades físicas de un suelo con presencia de arenas y gravas, fue una investigación **experimental**; se desarrollaron **ensayos** geotécnicos como: la resistencia a la compresión simple, Proctor estándar y el test de Californian Bearing ratio, la **muestreo** fue realizado mediante la identificación, ejecución de las muestras y ensayos de materiales de las muestras que fueron desarrollados como indican los manuales y normas establecidas con materiales usados en la conformación de los terraplenes. Los **resultados** obtenidos detallaron un incremento en las características de compactación del suelo, de la misma manera un aumento en la capacidad de soporte (CBR) y la resistencia a la compresión. [12]

Las **teorías** vinculadas a esta investigación tales como definiciones, conceptos, delimitaciones, fórmulas se tomaron de acuerdo a las variables y sus dimensiones, los cuales se detallan a continuación para el mejor entendimiento del tema tratado.

La **cascarilla de cáscara de café (CCC)**: Se conceptualiza como la parte que envuelve al grano de café, y que es aproximadamente el 12% de todo el grano de café cuando este carece de humedad. La cascarilla de café es una importante fuente de sílice, celulosa, pentosano, ligninas y una vez calcinadas de cenizas. Además de otros componentes, pero en proporciones reducidas. [13] La **obtención de la cascarilla de café**: [...]posteriormente los granos de café son pasados por una tolva y posterior a eso a una zaranda que tiene la función de extraer los objetos ajenos al grano y que lo puedan afectar, finalmente los granos de café suben hacia el depósito del molino mediante bandas transportadoras y comienza la operación de molinaje, [...], asimismo en el momento en que se disgrega el grano de café con su cáscara, mediante una criba que impida que estos vuelvan a juntarse y con el uso de un extractor que se encuentra acoplado al molino que hace el trabajo de separarlos. Para el desarrollo de la presente investigación se pudo observar que una quinta parte de la cascarilla del grano de café no es reaprovechada. [14]

La **estabilización de suelos arcillosos**: “La mayor parte de la estabilización debe realizarse en suelos blandos (limosos, turba arcillosa o suelos orgánicos). para lograr propiedades de ingeniería deseables. Según Sherwood (1993) los materiales granulares de grano fino son los más fáciles de estabilizar debido a su gran superficie en relación con su diámetro de partícula. Un suelo arcilloso en comparación con otros tiene una gran superficie debido a las formas de partículas planas y alargadas. [...]” [15] La **influencia de las cenizas volantes y las propiedades del suelo**: “Los análisis estadísticos y gráficos indicaron que el contenido de [...] las cenizas volantes son factores importantes que contribuyen a aumentar la resistencia UC y el módulo de resiliencia de las mezclas de cenizas volantes de suelo orgánico [...] Para las arcillas inorgánicas, resistencia y rigidez de las cenizas volantes del suelo las mezclas aumentan a medida que aumentan el contenido de CaO y la relación CaO / SiO<sub>2</sub>. [...] las cenizas volantes deben tener al menos un 10% de CaO y un CaO / SiO<sub>2</sub> mayor de 0,5 para estabilizar arcillas orgánicas. El mayor nivel de estabilización se obtiene con al menos un 20% de

cenizas volantes y una relación CaO / SiO<sub>2</sub> entre 0,5 y 0,8.” [16] La **Sub rasante**, se conceptualiza como la base donde se apoya toda la estructura de la carretera, este puede estar sobre un nivel de movimiento de tierras (puede ser corte o relleno). [17]

Para las **propiedades físicas**, se tiene el **análisis granulométrico por tamizado**, que es un ensayo geotécnico en el que se detallan las técnicas y métodos para establecer las proporciones de suelos en porcentajes, que se retienen o pasan en cada tamiz, siendo el de menor dimensión el de 74 mm (Nº 200). [18] Los **límites de Atterberg (ASTM D4318)**: También denominados como límites de consistencia, detallan como es el comportamiento de los suelos finos al ser sometidos a ciertas cantidades de humedad (agua). [19] El **límite líquido**: Este ensayo geotécnico es usado comúnmente para la clasificación principalmente de suelos que presentan partículas finas. Este límite se ha correlacionado con diferentes propiedades de ingeniería tales como compresibilidad, resistencia al corte, permeabilidad, potencial de hinchamiento, etc. Estas correlaciones, aunque empíricas, podrían racionalizarse si se entendiera mejor el mecanismo que controla los límites de Atterberg. [20] El **contenido de humedad de un suelo**: Tiene una importancia primordial para dictar las características de ingeniería, agronómicas, geológicas, ecológicas, biológicas e hidrológicas de la masa del suelo. Aunque los investigadores han empleado varias técnicas de determinación del contenido de humedad de los suelos, tanto en condiciones de laboratorio como in situ, para determinar la aplicabilidad de estas técnicas a suelos de características completamente diferentes y los "tipos de contenido de humedad". [21] El **límite plástico**: Es definido como el contenido de humedad en porcentaje, al que el suelo se desmorona, cuando se enrolla en hilos de 3 mm de diámetro. La prueba para la determinación del límite plástico es simple y se puede realizar girando repetidamente a mano una masa de suelo de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado. [22] El **índice de plasticidad**: El índice de plasticidad se refiere al tipo de suelo, su grado de cohesión. Poseen correlaciones claras e importantes con los parámetros de resistencia del suelo y se utilizan en el proceso de diseño de los cimientos de la construcción. Para calcular el valor del índice de liquidez y plasticidad, se pueden utilizar métodos de laboratorio. Siendo necesario hallar el límite líquido y límite plástico. [23]



El **volumen de suelos**: “Los suelos se forman por un proceso físico y así como parámetro de su tamaño. Es por ello que es importante conocer, el volumen de vacíos que tienen los suelos, y contenido de humedad con esos datos se podrá obtener el peso unitario de suelo, esto datos nos ayudará para poder realizar una relación de vacíos. Unidad de peso, contenido de humedad y porosidad”. [24] Los **suelos arcillosos**: El suelo arcilloso tiende a cambiar y su identificación dependerá de la solidez y su aspecto en el campo, los suelos que se encuentran en los subsuelos son: arcillosos secos que tiende a ser muy compactos o mejor dicho duros en estado seco, pero al entrar al contacto con el agua suele volverse plástico. [25] El **sistema de clasificación AASHTO**: Este método fue elaborado en el año 1929 por el Public Road Administration Classification System. Según lo establecido por este sistema de clasificación, un suelo puede encontrarse clasificado dentro de un grupo de 7 clases que van desde el A-1 al A-7, donde los suelos que se encuentran entre los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales que no presentan cohesión y son granulares y el 35% o menos proporción de suelos pasan a través de la malla número 200. Los suelos en los que el más del 35% atraviesan la malla número 200 se encuentran dentro de los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos están conformados por suelos finos como limos y arcillas. [26]

Para las **propiedades mecánicas** se tiene el **proctor modificado**: En este ensayo geotécnico agrupa todos el procedimiento para realizar la compactación en laboratorio, con la finalidad de hallar la relación que existe entre el contenido óptimo de agua y la densidad seca máxima del agua (curva de compactación) se desarrolla sobre un en un molde de 4 o 6 pulgadas de diámetro con un martillo de Proctor que un peso de 10 libras fuerza que se deja caer por caída libre desde una altura de 18 pulgadas, que produce una energía de compactación de 56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>. [27] El ensayo **CBR**: Es un ensayo de mecánica de suelos para establecer la calidad del material de suelo, basado en la resistencia, que se mide mediante una prensa que simula la carga vehicular, significa Californian Bearing Ratio y es usado para determinar la resistencia de suelos que serán usados para la conformación de subrasantes, subbases y bases de un terraplén. [28]

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

“Tiene como denominación que es activa o dinámica debido a que se necesita de sus descubrimientos y aportes teóricos, donde la investigación se aplicará a problemáticas precisas, en contextos y características concretas [...]” [29] “El cual nos servirá para tomar acciones y establecer políticas y estrategias. [...] así mismo, teniendo un mayor énfasis en dar soluciones a los problemas y así tomar decisiones importantes [...]” [30]

La presente investigación es del tipo aplicada, donde se buscó aplicar los conocimientos previos de la teoría de las capacidades físicas y mecánicas de la sub rasante mediante el uso de cenizas de cascara de café, en base a pasadas situaciones similares, con el fin de aplicar la adición de CCC.

##### Diseño de investigación

La investigación es cuasi experimental porque tiene ciertas restricciones al aplicar algunas limitaciones para la aplicación del diseño experimental verdadero, sin embargo, se manipulará intencionalmente una o más variables independiente (ceniza de cascara de café) [...] para el análisis de las consecuencias que el manejo de la variable independiente posee sobre las variables dependientes [...] en una situación donde la manipulación sea controlada por el investigador [31].

Entonces, la presente investigación se considera **cuasi experimental**, puesto que se manejarán de manera intencionada las adiciones de las cenizas provenientes de la cáscara de café (15%, 20% y 25%) sobre la sub rasante, con el objeto de estudiar la manera en que influye en las características físicas y mecánicas de la sub rasante; asimismo, debido a que el suelo de subrasante donde se desarrolló el estudio fue predefinido como una arcilla por el investigador, contando con cuatro grupos que corresponden a la grupo patrón y a las muestras con la CCC en 15%, 20% y 25% del peso del suelo; las proporciones fueron elegidas de manera tentativa de acuerdo a criterios utilizados por distintos autores (tesis: Goñas O. 15%, 20% y 25% y Chicaiza E. y Oña F. 10%, 20% y 30%; realizados con ceniza de carbón, y ceniza de cascara de arroz).

### 3.2. Variable y operacionalización.

“Se define qué; La operacionalización de los variables implica desarrollar los conceptos de cada uno ellos, teniendo como un sustento a un autor, el cual nos define a través de sus análisis del concepto” [32].

**Variable Independiente:** Ceniza de Cascara de Café (CCC).

**Definición conceptual:** Según DIAZ, M. Y FERNANDEZ, J. (2019) Es un desecho agroindustrial [...] que hace el uso de la cáscara de café como un combustible para la quema de ladrillos de arcilla en temperaturas controladas. Se calcina la cascarilla de café a una temperatura aproximada de 900 °C [33].

**Definición operacional:** Las dosificaciones de ceniza de cascara de café de 15.00%, 20.00% Y 25.00% respecto al peso (kg), se emplearán sobre el diseño de mezcla Patrón, con la finalidad de disminuir el índice de Plasticidad, contenido de agua e incrementar el peso unitario máximo y el valor de la capacidad de soporte.

Variable Independiente V1: Ceniza de cascara de café.

**Variable Dependiente:** Propiedades de la sub rasante.

**Definición conceptual** Según Hernández H. (2018) las características de los suelos se dividen en dos componentes: Propiedades físicas: que son utilizadas para escoger los materiales, sus propiedades y especificaciones constructivas que repercuten en su calidad. Propiedades mecánicas: Proveen un valor estimado de la calidad de los agregados para su uso en la conformación de los componentes de una carretera. La calidad de los materiales usados para la conformación de capas granulares y la subrasante pueden ser correlacionados mediante valores de capacidad de soporte, módulo de resiliencia y el módulo de Poisson [34].

**Definición operacional:** La sub rasante como tal, tiene como las características físico mecánicas más resaltantes el índice de plasticidad, densidad seca máxima, contenido de humedad óptimo e índice de resistencia del suelo, estas 3 ultimas propiedades se realizarán 4 ensayos (MP, 15.00%, 20.00% y 25.00%) formatos y fichas técnicas bajo la NTP Y ASTM.

### 3.3. Población, Muestra y muestreo

## Población

“La población puede ser de cualquier tamaño y puede cubrir cualquier área. Por lo tanto, la población más grande, que es la población ideal con respecto a la cual el investigador desea generalizar sus hallazgos [...] La población práctica con la que el investigador tiene que lidiar [...]” [35]

**Tabla 3. 1.** Número de Calicatas para la caracterización de suelos.

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

**Fuente:** Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos.

Es preciso mencionar el tipo de vía encontrado en el tramo de estudio es “carretera de bajo volumen de tránsito”, con un índice medio diario anual entre los <200 veh/día para una vía de un carril. La población se encuentra conformada por una calicata de 150 cm. Y sus ensayos para la caracterización física y mecánica, que derivan de los ensayos de índice de plasticidad, relación de Máxima densidad seca-contenido óptimo de humedad e índice de resistencia de suelos y de las distintas proporciones con la CCC, aplicado en los 3 diseños adicionales.

## Muestra

Es un sub conjunto o parte del universo o del todo, en que se llevó a cabo en la investigación, y luego los resultados de estos se extenderán. [36]

Asimismo, el tipo de carretera de la presente investigación es de “carretera de bajo flujo vehicular”, con un índice medio diario anual por debajo de 200 veh/día para una vía de un carril.

Razón por la cual, como se cuenta con 4 Km (1 CBR) y nos indican 1 Km (1 calicata), se tomará en un 1 Km para todo efecto las calicatas de la muestra, por tal razón, se realizó cuatro calicatas para la toma de muestras, de ese total, se clasificó los suelos, dando prioridad a las Arcillas, y consiguiendo una cantidad suficiente para la realización de los ensayos geotécnicos de índice de plasticidad (límites de Atterberg), (04) Proctor Modificado y (04) CBR y definir las propiedades físico – mecánicas, según las adiciones indicadas (N, N+15%, N+20%, N+25%).

**Tabla 3. 2. Número de Ensayos Mr y CBR.**

Numero de ensayos MR y CBR	
Tipo de carretera	Número mínimo de calicatas
Autopistas: carreteras de IMDA mayor a 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li></ul>
Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li></ul>
Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Se efectuará el CBR cada 1 km
Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles	Se efectuará el CBR cada 1.5 km
Carreteras de tercera clase: carreras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Se efectuará el CBR cada 2 km
Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	Se efectuará el CBR cada 3 km

**Fuente:** Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos.

**Tabla 3. 3. Población - Muestra.**

<b>Población</b>	Carretera de bajo flujo vehicular	01 calicata por un kilómetro.	Tabla 2 Imagen de número de ensayos CBR.
<b>Muestra</b>	Carretera de bajo volumen de tránsito.	01 CBR por cada 1 Km.	Manual de carreteras sección suelos y pavimentos – número de calicatas para exploración de suelos.

**Fuente:** Elaboración Propia

Cal 1 – h=1.5 mt ----- Arena arcillosa y finos con baja plasticidad.

Cal 2 – h=1.5 mt ----- Arena arcillosa y grava Limosa.

Cal 3 – h=1.5 mt ----- Finos con plasticidad muy baja.

Cal 4 – h=1.5 mt ----- Arena arcillosa.

**Tabla 3. 4. Cantidad de ensayos a realizar.**

<b>Tipo</b>	<b>Límites de consistencia</b>	<b>Proctor modificado</b>	<b>CBR</b>
MP Muestra patrón (Inalterado)	1	1	1
N+15% CCC	1	1	1
N+20% CCC	1	1	1
N+25% CCC	1	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

### **Muestreo**

El muestreo se conceptualiza como el proceso de seleccionar y sacar una parte del universo o estudiar el todo para representar el todo. Aunque cualquier sub grupo de una población puede constituir una muestra, no todos los sub grupos son representativos y su probabilidad de ser seleccionados es diferente, por eso hablamos de muestras probabilísticas y no probabilísticas [37].

El tipo de muestreo es no probabilístico, puesto que no necesita de una fórmula estadística, sino de criterios tomados por el tesista, tipo de carretera y de las

propiedades de la investigación (manual de carreteras), lo que orienta al desarrollo de la toma de decisiones del tesista.

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

#### **Técnica de recolección de datos**

La técnica se entiende como el conjunto de reglas y procedimientos que permite al investigador establecer la relación con el objeto o sujeto de la investigación [38].

Trata de elegir la tecnología adecuada para sus objetivos de investigación, es decir, es un proceso de toma de decisiones guardando relación con la naturaleza del objeto del estudio, con la teoría empleada para construirla y la lógica del investigador.

Es por ello, que para el método de recopilación de información se utilizará la observación para poder brindar algunas posibles soluciones a las problemáticas dadas, así como también probar las hipótesis dadas. Por otro lado, las fuentes de información como bases teóricas para cada variable llegando a utilizar las fichas bibliográficas, finalmente se tiene la técnica de la cuasi experimentación.

Al mismo tiempo utiliza las normativas del establecidas por el Ministerio de transportes: MTC E-107, MTC E-110/E-111, MTC E-115, MTC E-132.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

“Una medida adecuada es aquella que registra datos observables que son verdaderamente representativos del concepto, en segundo lugar, el equipo que mide o recopila datos debe cumplir dos requisitos importantes: confiabilidad y validez” [39].

De tal manera que para dicha investigación se realizarán ensayos para la obtención de los resultados, por lo cual se menciona lo siguiente:

Observación.

Fichas de laboratorio (Ver anexo)

Ensayos.

**Tabla 3. 5.** *Ensayos de laboratorio.*

	<b>Ensayo</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Ensayos requeridos</b>	Ensayo de análisis granulométrico por Tamizado.	Tamiz.
	Ensayo de Clasificación de Suelos.	Tamiz.
	Ensayo Límites de Consistencia.	Copa de Casagrande.
	Ensayo Proctor Modificado.	Molde Cilíndrico y pisón.
	Ensayo de CBR.	Prensa Hidráulica.

**Fuente:** Elaboración propia

En base a los instrumentos su recolección de datos será mediante el estudio de mecánica de suelos, según sus indicadores (N, 15%, 20% y 25%).

### **Confiabilidad**

[...] La confiabilidad hace referencia a la capacidad que posee el instrumento para otorgar datos u realizar las mediciones de los datos que se desea conocer decir, la precisión de los datos medidos, así como a la congruencia y estabilidad de la medición en distintos contextos [40].

Se emplearon para ello, la confiabilidad apoyada en los Laboratorios de ensayo de materiales de la zona.

### **Validez**

[...] Es una distinción resaltante con las que deben contar los instrumentos para realizar la medición, que se entiende como el grado con la que un instrumento consigue medir los datos [41].

Todo esto, estará sujeto a la validez de las normas estandarizadas establecidas por el ASTM y NTP utilizadas y designadas para cada ensayo geotécnico.

### **3.5. Procedimientos**

La excavación de calicata para conseguir las muestras de suelos, se desarrolló de manera in situ, poseyó una profundidad no menor a 150 cm del nivel de la sub



rasante, el cual será llevado y colocado en un laboratorio donde se realizó los ensayos de materiales, con la combinación de la muestra patrón (MP), y sus combinaciones (15%, 20% y 25%) para ser sometidos a los ensayos de Límites de Atterberg, proctor modificado y CBR según el NTP 339.129; NTP 339.141, ASTM D 1557 y ASTM D 1883 para la mejor desarrollo de la elección de la proporción con mejores resultados, se tomó en cuenta la cantidad de Ensayos geotécnicos y el número de Calicatas desarrollados, en la toma de muestras de los estratos significativos, los mismos que fueron llevados al laboratorio.

### **3.6. Método de Análisis de datos**

Debido a que se poseen datos cuantitativos fue necesario codificarlos y trasladarlos a una matriz de datos en alguna hoja electrónica

Luego se desarrolló el análisis cuantitativo o estadístico de cada variable que fue sometido a estudio [42].

Para la recolección de datos, estos se hicieron a través la observación directa desde las muestras obtenidas de las calicatas, mediante ellos se pudo observar cada prueba a la que fue sometida el suelo de subrasante ensayada en laboratorio y realizando las tomas de datos correspondientes, obtenidas de los resultados, los cuales fueron contrastados con los objetivos y las hipótesis.

### **3.7. Aspectos éticos**

El proyecto de investigación está realizado de acuerdo con los principios establecidos en el “Código de ética en investigación de la Universidad Cesar Vallejo”, con Resolución N.º 0126-2017/UCV de 23 de mayo de 2017, por lo cual se tuvo en cuenta en todo el procedimiento de la elaboración de la tesis, cumplimiento así con los aspectos mencionados en el Artículo 1, ya que se cumple con los estándares máximos de rigor científico, responsabilidad y honestidad.

La presente investigación está basada principalmente en el desarrollo de múltiples aspectos éticos, ya establecidos en la Norma mencionada para lo cual la obtención de información fue recabada de fuentes confiables, las cuales no se modificaron ni alteraron, así mismo se realizó el citado adecuadamente de los libros, normas, tesis, artículos científicos, etc. La autoría de estos fue respetada.

## IV. RESULTADOS

### Ubicación:

Departamento : Puno.

Provincia : Sandia.

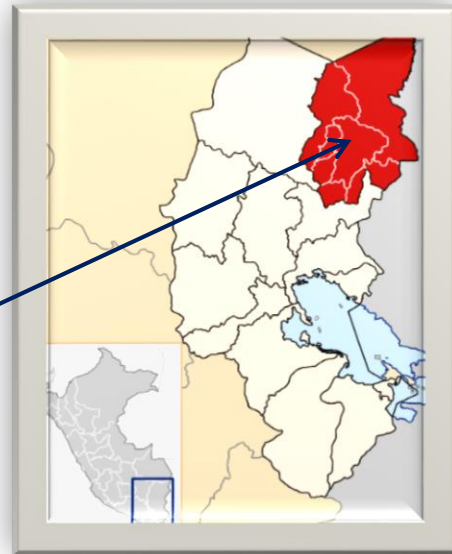
Distrito : Yanahuaya.

Localidades : Yanahuaya-Caballuni.



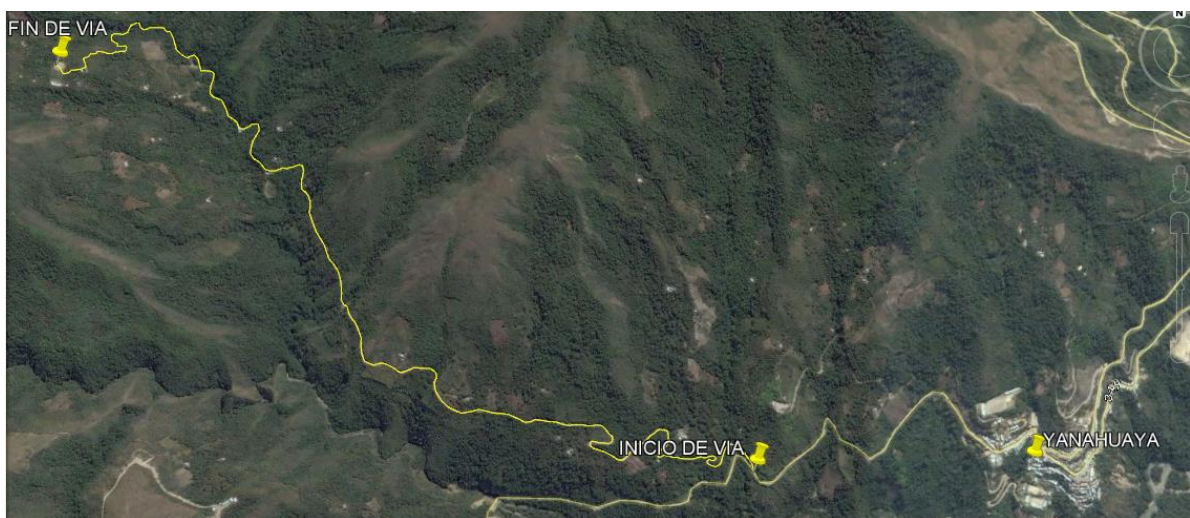
**Figura 4. 1.** Mapa del Perú.

Fuente: Google Earth.



**Figura 4. 2.** Mapa de la región Puno.

Fuente: Google Earth



**Figura 4. 3.** Localización de la carretera Yanahuaya - Caballuni.

Fuente: Google Earth.

La toma de muestras se realizó en la carretera Yanahuaya-Caballuni, la misma que se encuentra a 10 minutos (camioneta) de Yanahuaya.

A continuación el detalle de las 4 calicatas.

**Calicata 01:**

Progresiva : 0+500 km.  
Coordenadas(x) : E 480449.  
Coordenadas(y) : N 8423766.  
Profundidad : 1.50 m.  
Dimensiones: : 1.00 x 1.20 m.  
Margen : Derecho.

**Calicata 02:**

Progresiva : 01+800 km.  
Coordenadas(x) : E 479552.  
Coordenadas(y) : N 8424062.  
Profundidad : 1.50 m.  
Dimensiones: : 1.20 x 1.00 m.  
Margen : Izquierdo.



**Figura 4. 4.** Calicata N° 01.

Fuente: Toma Propia



**Figura 4. 5.** Calicata N° 02.

Fuente: Toma Propia.

**Calicata 03:**

Progresiva : km 2+750.  
Coordenadas(x) : E 479140.  
Coordenadas(y) : N 8424711.  
Profundidad : 1.50 m.  
Dimensiones: : 1.20 x 1.00 m.  
Margen : Izquierdo.

**Calicata 04:**

Progresiva : km 3+950.  
Coordenadas(x) : E 478696.  
Coordenadas(y) : N 8424989.  
Profundidad : 1.50 m.  
Dimensiones: : 1.20 x 1.00 m.  
Margen : Derecho.

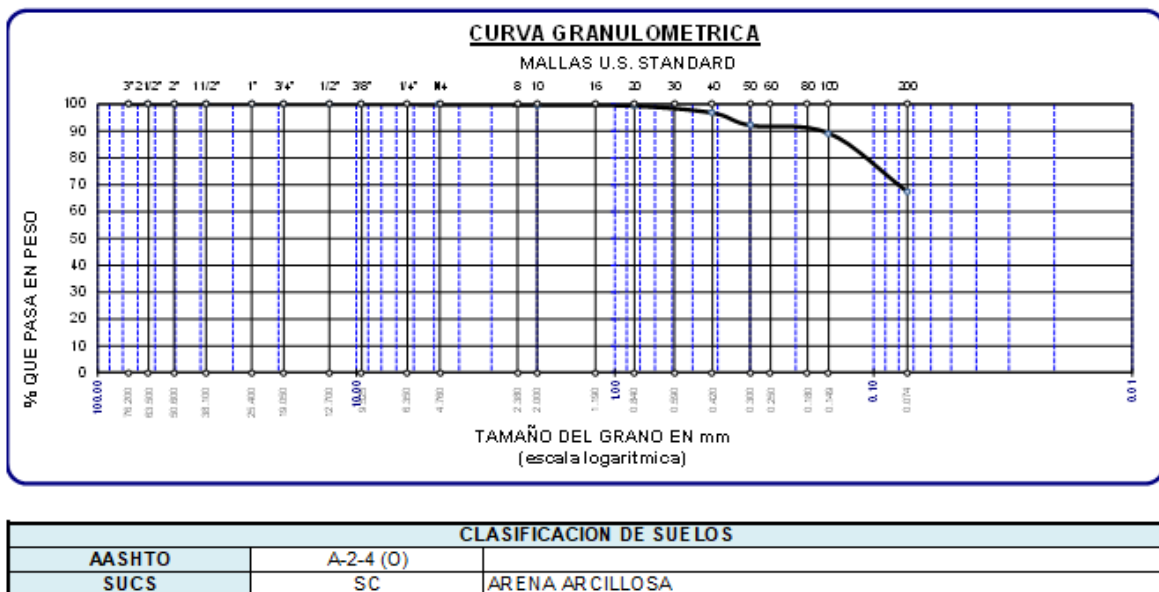
## Trabajo en Laboratorio:

Según el Manual de Carreteras en su sección de Suelos y Pavimentos, se hizo un total 4 calicatas en diferentes progresivas (0+500, 1+800, 2+750 y 3+950), indicando que la vía esta está clasificado en un volumen de tránsito bajo ( $IMDA \leq 200$  veh./día), interpretando dicha tabla tenemos que se debe realizar una calicata por kilómetro, es por ello que, se realizó 4 Perfiles Estratigráficos para identificar el terreno (calicata) más desfavorable y conocer de qué manera influye la CCC en las propiedades de la subrasante.

### Calicata 01

En la calicata 01 se identificaron 2 estratos, seguidamente en el análisis granulométrico se determinó que el material es:

**Muestra 01:** En la malla N° 200 se tuvo un pasante de 67.40% de material, lo que representa más del 50% de finos, un 99.85% es el pasante de la malla N° 4 representa un material arenoso y la grava representa un 0.15%.



**Figura 4. 6.** Curva granulométrica para la muestra 01 de la calicata 01.

Fuente: Fichas de laboratorio.

**Muestra 02:** En la malla N° 200 se tuvo un pasante de 50.00% de material, lo que representa más del 50% de finos, un 50.00% es el pasante de la malla N° 4 que representa una baja plasticidad del material fino y la grava representa un 26.37%.

La clasificación de suelos de las muestras extraídas de la calicata 01, según SUCS el material es un SC (arena arcillosa) para la muestra 01 y un SM (arena limosa) para la muestra 02, siendo para AASHTO un material perteneciente a A-2-4 (0) y A-1-b (0).

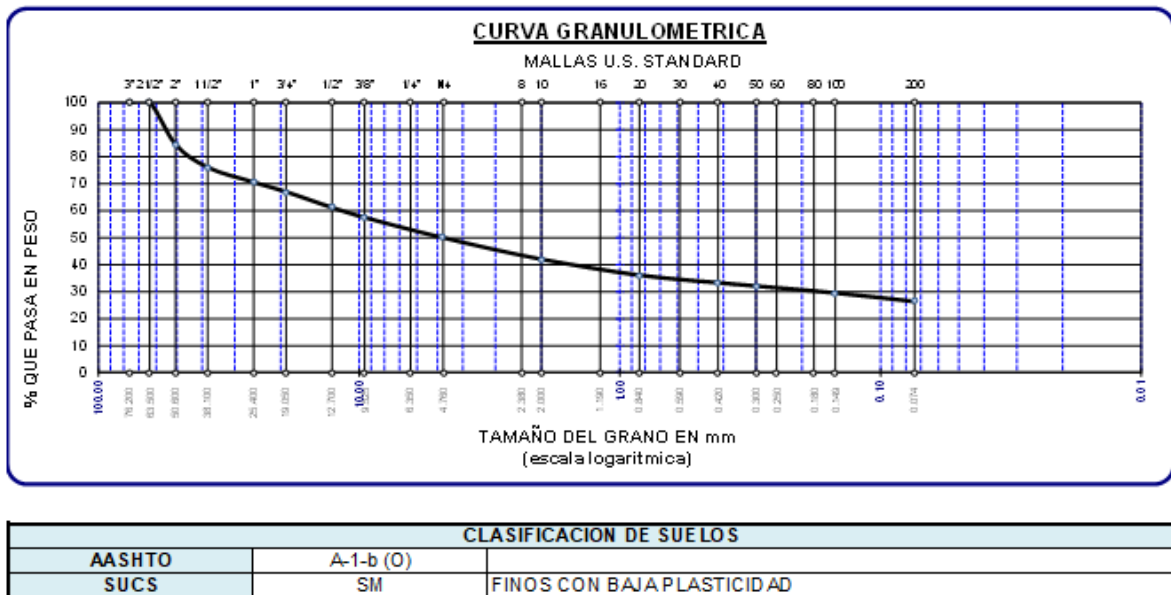


Figura 4. 7. Curva granulométrica para la muestra 02 de la calicata 01.

Fuente: Fichas de laboratorio.

## Calicata 02

En la calicata 02 se identificaron 2 estratos, seguidamente en el análisis granulométrico se determinó que el material es:

**Muestra 01:** En la malla N° 200 se tuvo un pasante de 41.14% de material, lo que representa menos del 50% de finos, un 93.00% es el pasante de la malla N° 4 representa un material arena arcillosa y la grava representa un 7.01%.

**Muestra 02:** En la malla N° 200 se tuvo un pasante de 8.74% de material, lo que representa la menor cantidad de finos por debajo del 50%, un 43.03% es el pasante de la malla N° 4 que representa una baja plasticidad del material fino y la grava representa un 56.97%.

La clasificación de suelos de las muestras extraídas de la calicata 02, según SUCS el material es un SC (arena arcillosa) para la muestra 01 y GM (grava limosa) para



la muestra 02, siendo para AASHTO un material perteneciente a A-2-6 (0) y A-2-5 (0).

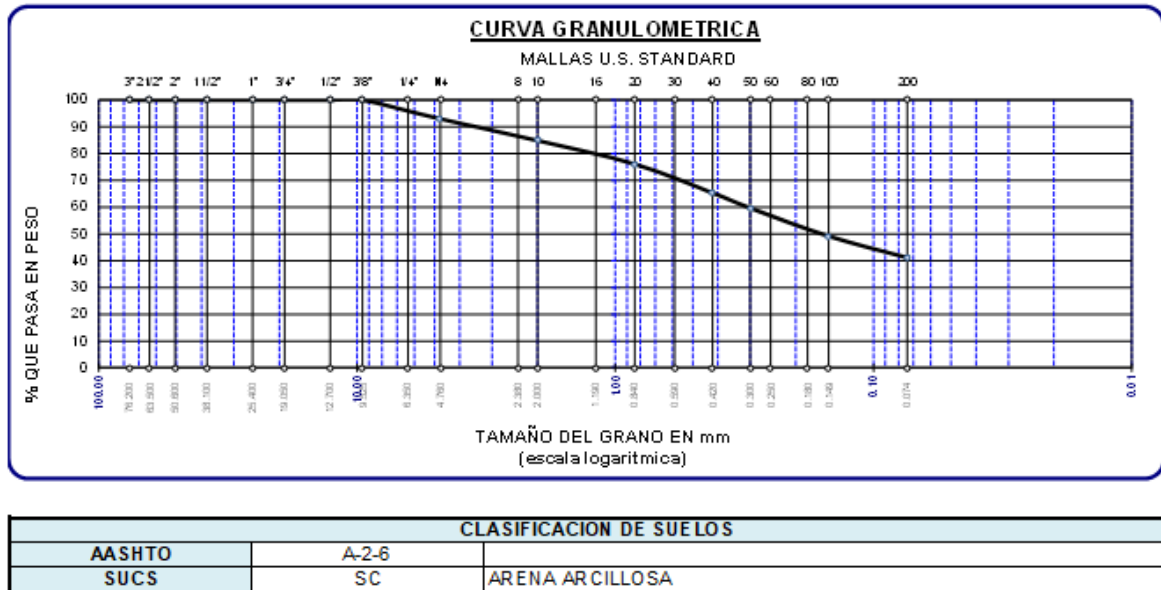


Figura 4. 8. Curva granulométrica para la muestra 01 de la calicata 02.

Fuente: Fichas de laboratorio.

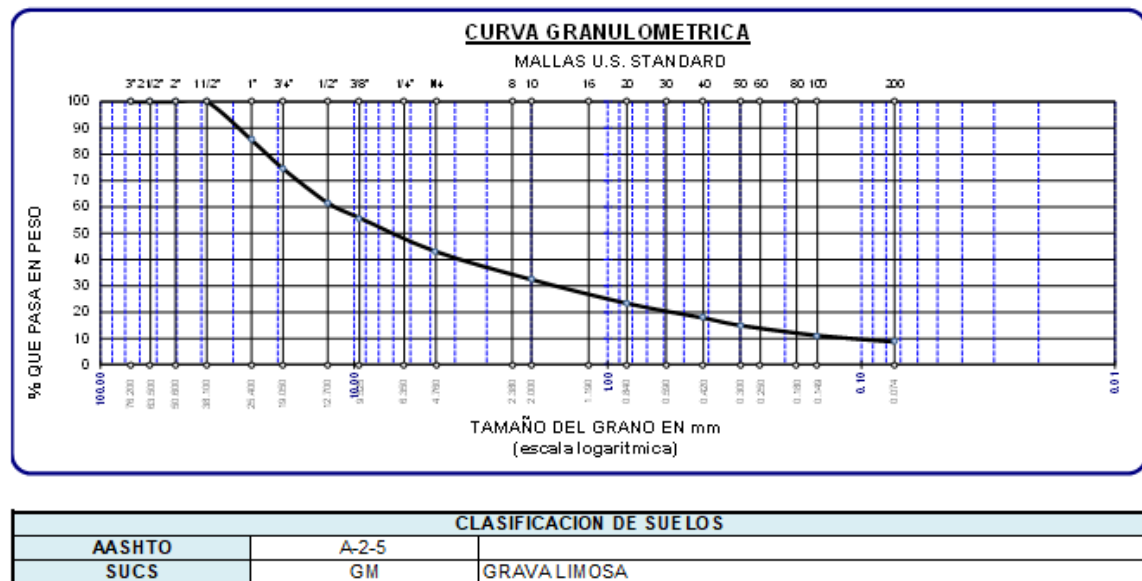


Figura 4. 9. Curva granulométrica para la muestra 02 de la calicata 02.

Fuente: Fichas de laboratorio.

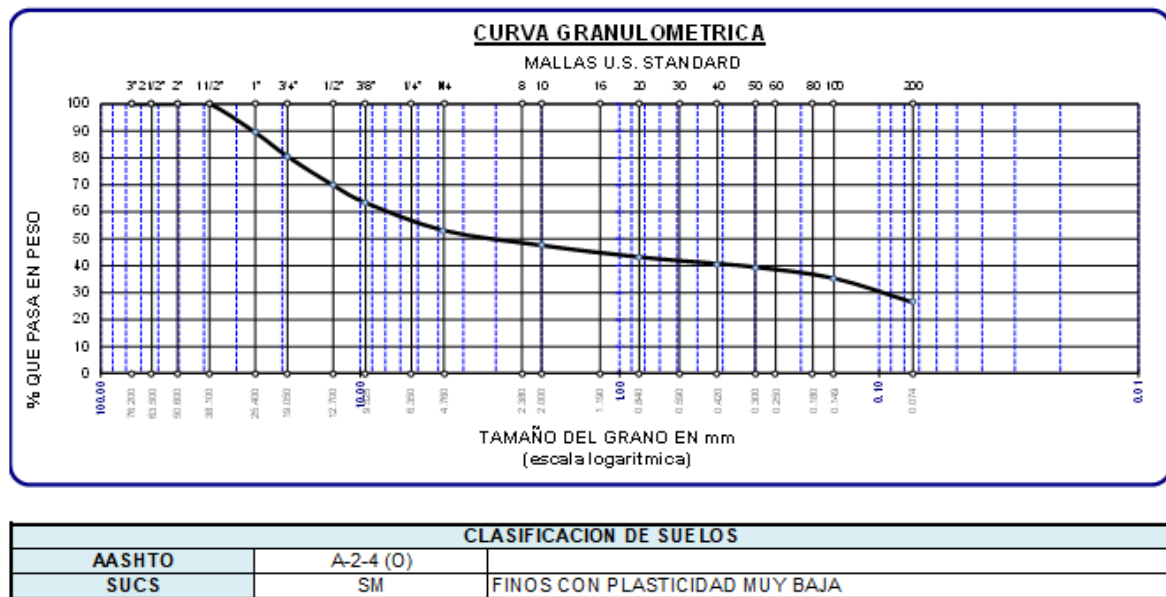
### Calicata 03

En la calicata 03 se identificó 1 estrato, seguidamente en el análisis granulométrico

se determinó que el material es:

**Muestra 01:** En la malla N° 200 se tuvo un pasante de 26.35% de material, lo que representa menos del 50% de finos, un 53.09% es el pasante de la malla N° 4 que representa un material arenoso y la grava representa un 46.91%.

La clasificación de suelos de las muestras extraídas de la calicata 02, según SUCS el material es un SM (arena limosa con muy baja plasticidad) para la muestra 01, siendo para AASHTO un material perteneciente a A-2-4 (0).



**Figura 4. 10.** Curva granulométrica para la muestra 01 de la calicata 03.

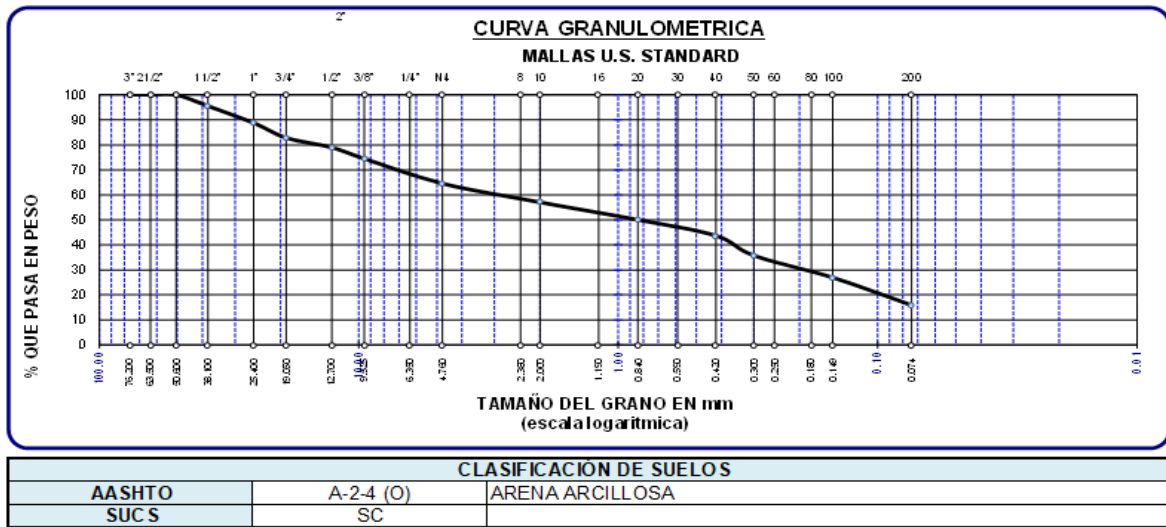
Fuente: Fichas de laboratorio.

### Calicata 04

En la calicata 04 se identificó 1 estrato, seguidamente en el análisis granulométrico se determinó que el material es:

**Muestra 01:** En la malla N° 3/8 se tuvo un retenido del 25.50% de material, lo que representa menos del 50% de finos, un 35.47% es el retenido en la malla N° 4 que representa un material arenoso y la grava representa un 4.47% retenido por el tamiz 1 1/2".

La clasificación de suelos de las muestras extraídas de la calicata 02, según SUCS el material es un SC (arena arcillosa) para la muestra 01, siendo para AASHTO un material perteneciente a A-2-4 (0).



**Figura 4. 11.** Curva granulométrica para la muestra 01 de la calicata 04.

Fuente: Fichas de laboratorio.

A continuación, se presenta una tabla resumen de los resultados de clasificación de suelos obtenidos para las muestras de las 4 calicatas:

**Tabla 4. 1.**

*Resumen de Clasificación de suelos – calicatas.*

RESUMEN DE CLASIFICACION DE SUELOS - CALICATAS			
	MUESTRA	CLASIFICACIÓN ASHTO	CLASIFICACIÓN SUCS
CALICATA N° 01	MUESTRA 01	A-2-4 (0)	SC (ARENA ARCILLOSA)
	MUESTRA 02	A-1-b (0)	SM (FINOS CON BAJA PLASTICIDAD)
CALICATA N° 02	MUESTRA 01	A-2-6	SC (ARENA ARCILLOSA)
	MUESTRA 02	A-2-5	GM (GRAVA LIMOSA)
CALICATA N° 03	MUESTRA 01	A-2-4 (0)	SM (FINOS CON PLASTICIDAD MUY BAJA)
CALICATA N° 04	MUESTRA 01	A-2-4 (0)	SC (ARENA ARCILLOSA)

**Fuente:** Elaboración propia.

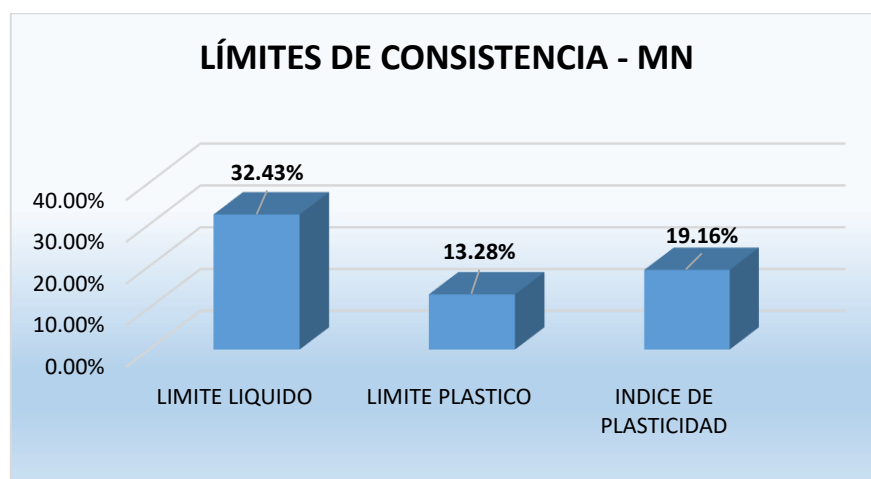
De la tabla 4. 1, se puede deducir que el material de la calicata 4 es desfavorable, lo materiales extraídos se analizaron mediante ensayos de laboratorio (Límites de Consistencia, Proctor Modificado y CBR).



**Tabla 4. 2.** Resultados de pruebas de muestra natural (MN).

Ensayos		Calicata 04
<b>Contenido de humedad</b>		32.43%
<b>Límites de consistencia</b>	Limite liquido	32.43%
	Limite plástico	13.28%
	Índice de plasticidad	19.16%
<b>Clasificación de suelos</b>	SUCS	SC
	AASHTO	A-2-4 (0)
<b>Proctor modificado</b>	Óptimo contenido de Humedad (OCH)	11.23%
	Densidad Máxima Seca (DMS)	2.075 gr/cm <sup>3</sup>
<b>CBR</b>		38.40 %

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 4. 12.** Límites de consistencia de MN.

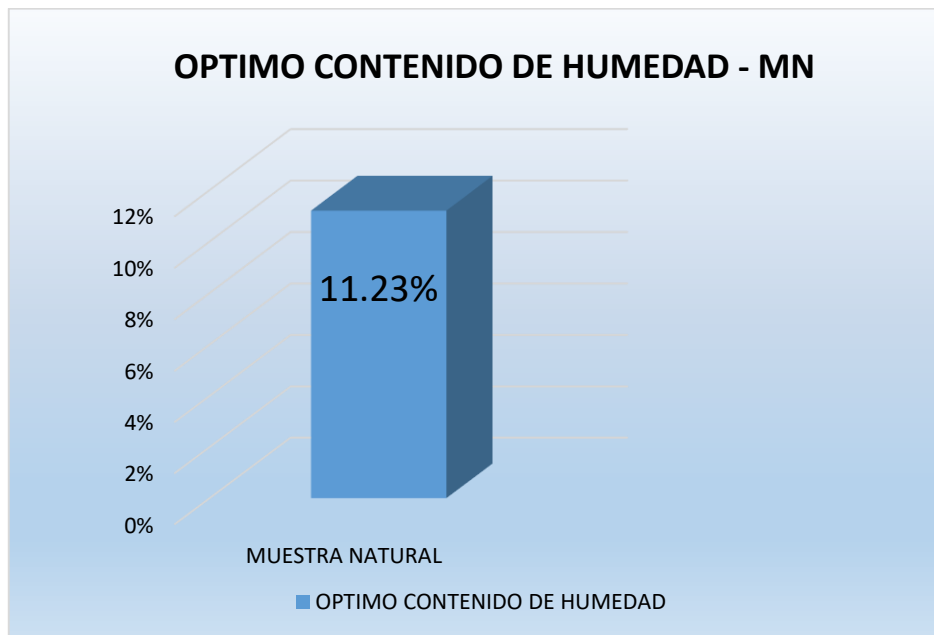
Fuente: Fichas de laboratorio.

En la figura 4. 12, se observa que el material de la calicata 04, tiene un contenido de humedad del 32.43%, un 32.43% de limite líquido, un 13.28% de limite plástico y lo que resulta un 19.16% de índice plástico, esto se podría deber a la presencia continua de precipitaciones pluviales, razón por el cual la humedad es constante.

Se puede observar que la muestra es altamente arcillosa debido a la cantidad de humedad que tiene la muestra (32.43%), para la comprobación de tal afirmación se secó el material en un horno, a lo que disminuyó hasta en 3 veces lo que indica una gran variación.

Seguidamente se realizó una prueba de proctor modificado se realizó el ensayo de proctor modificado de la muestra natural, donde se obtuvo como resultado un

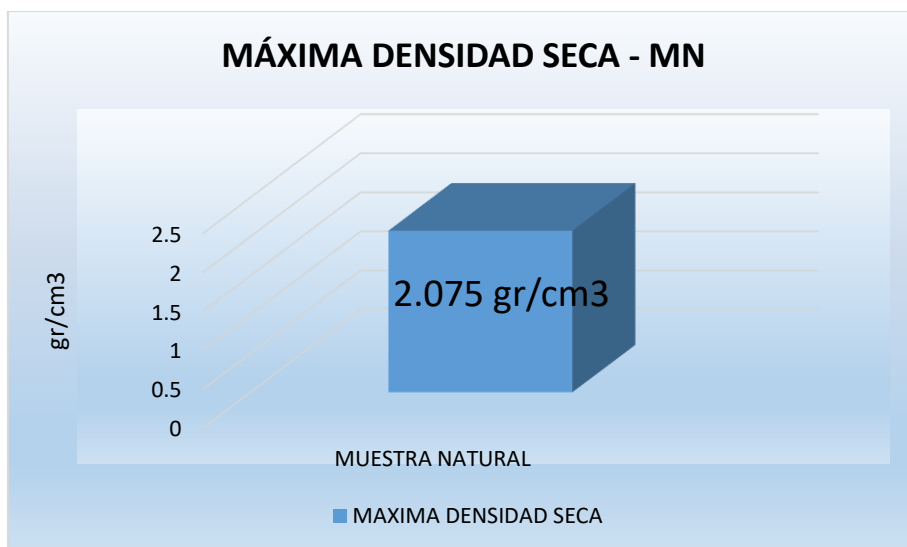
óptimo contenido de humedad de 11.23%.



**Figura 4. 13.** Contenido de humedad inicial de MN.

Fuente: Fichas de laboratorio.

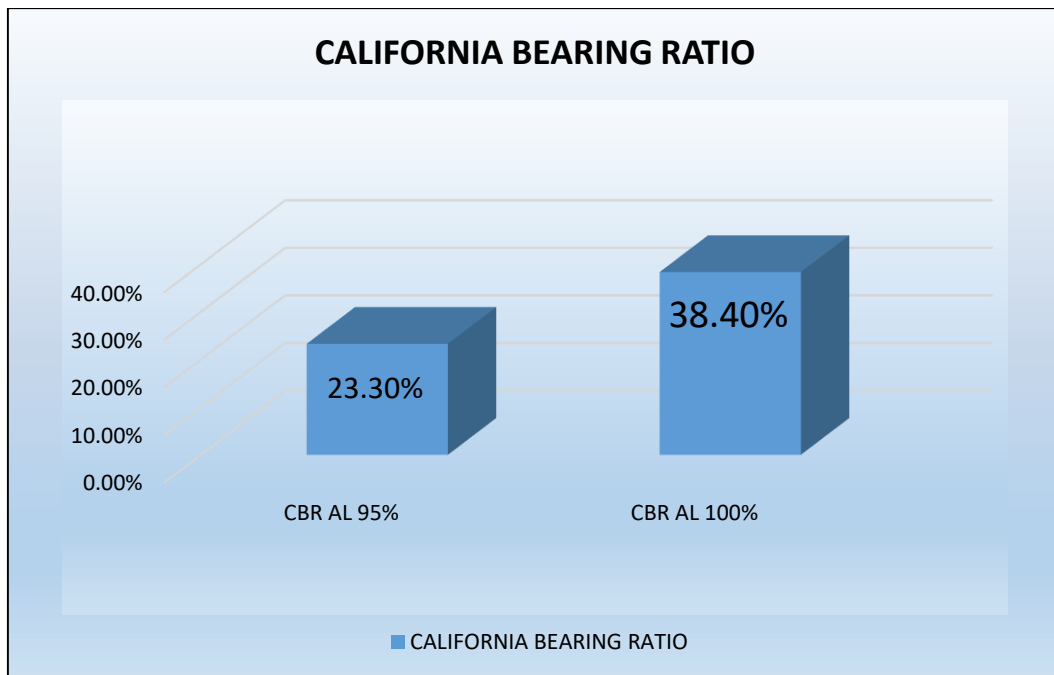
Asimismo, se obtuvo como resultado una máxima densidad seca del 2.075gr/cm<sup>3</sup>.



**Figura 4. 14.** Máxima Densidad Seca de MN.

Fuente: Fichas de laboratorio.

Finalmente, en la prueba de capacidad de soporte CBR, la muestra dio el siguiente resultado:



**Figura 4. 15.** CBR de MN.

Fuente: Fichas de laboratorio.

En la figura 4. 15, se muestra los resultados de CBR obtenidos según el óptimo contenido de humedad de 11.23% y la máxima densidad seca de 2.075 gr/cm<sup>3</sup> los cuales fueron datos preliminares de la prueba proctor modificado, con una penetración de 1", se obtuvo un CBR de 23.30% al 95% de MDS y un CBR de 38.40% al 100% de MDS, por lo consiguiente se afirmó que la capacidad de soporte del suelo natural cuenta con una clasificación pobre para subrasante.

**Objetivo específico 01:** Especificar la influencia de la ceniza de cascara de café sobre el índice de plasticidad en las propiedades físicas de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.

### Índice de Plasticidad

Para conocer el índice plástico del material de suelo natural en necesario restar el valor de límite plástico del límite líquido.

Para el presente trabajo de investigación se tomaron muestras mediante las siguientes dosificaciones:

MN

MN + 15% CCC

MN + 20% CCC

MN + 25% CCC

En el que MN es la Muestra Natural y CCC es la Ceniza de Cascara de Café.



Figura 4. 16. Ensayo Copa Casagrande.

Fuente: Toma Propia



Figura 4. 17. Ensayo Limite Liquido.

Fuente: Toma Propia.

Tabla 4. 3. Resumen de Índices de Plasticidad.

	LL	LP	IP
<b>(MN)</b>	32.43%	13.28%	19.16%
<b>MN +15% CCC</b>	28.36%	11.01%	17.35%
<b>MN + 20% CCC</b>	22.88%	10.25%	12.63%
<b>MN + 25% CCC</b>	19.25%	9.89%	9.36%

Fuente: Elaboración propia.

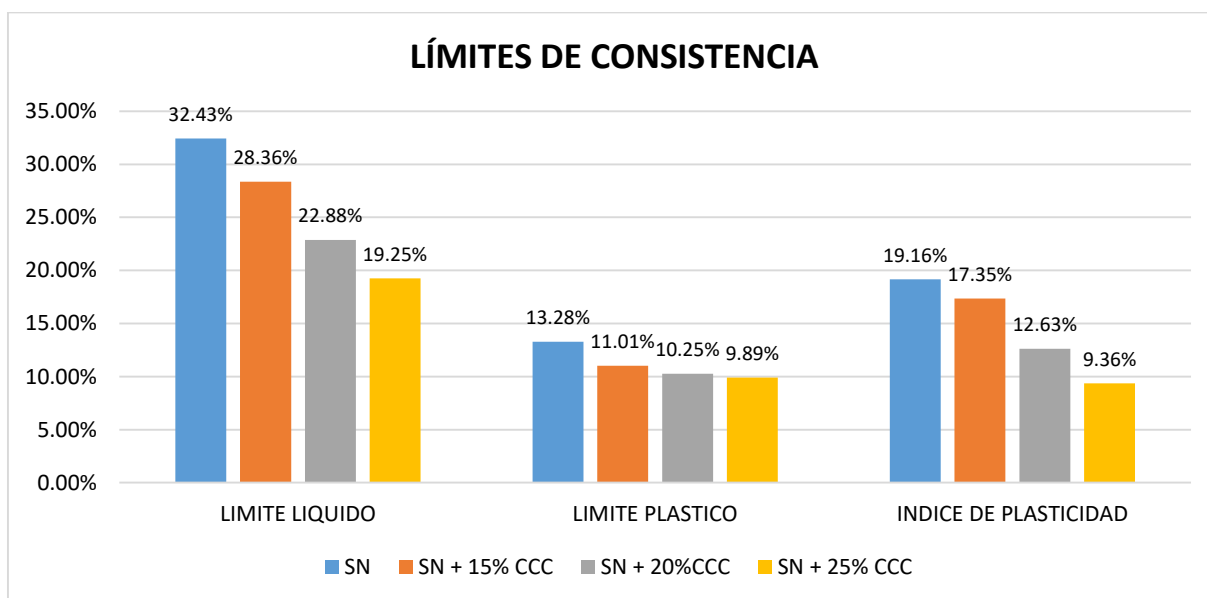


Figura 4. 18. Gráfico del Ensayo de Atterberg con la incorporación de CCC.

Fuente: Fichas de laboratorio.

En la tabla 4. 3 y la figura 4. 18, se muestran los resultados obtenidos del ensayo de límites de consistencia en donde se adicionaron diferentes porcentajes de Ceniza de Cascara de Café, teniéndose resultados óptimos para un suelo SC (arena arcillosa) ya que se redujo el índice plástico de la muestra natural. Inicialmente se tuvo como resultado del IP de 19.16% de la calicata 04, sin embargo, al incorporar un 25% de Ceniza de Cascara de Café redujo considerablemente el Índice de plasticidad de un 19.16% a un 9.36%, mejorando así sus propiedades mecánicas del suelo de tipo SC.

**Objetivo específico 02:** Determinar la influencia de la ceniza de cascara de café sobre la máxima densidad seca y el contenido de humedad de las propiedades mecánicas de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.

### Proctor Modificado

Para conocer el grado de compactación es necesario relacionar el contenido de humedad y la densidad seca, con ello se obtendrá una curva de compactación y se tendrá que trazar una línea hacia la barra de humedad y densidad, obteniéndose el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de la muestra.



**Figura 4. 19.** Mezcla MN+15% CCC.

Fuente: Toma Propia



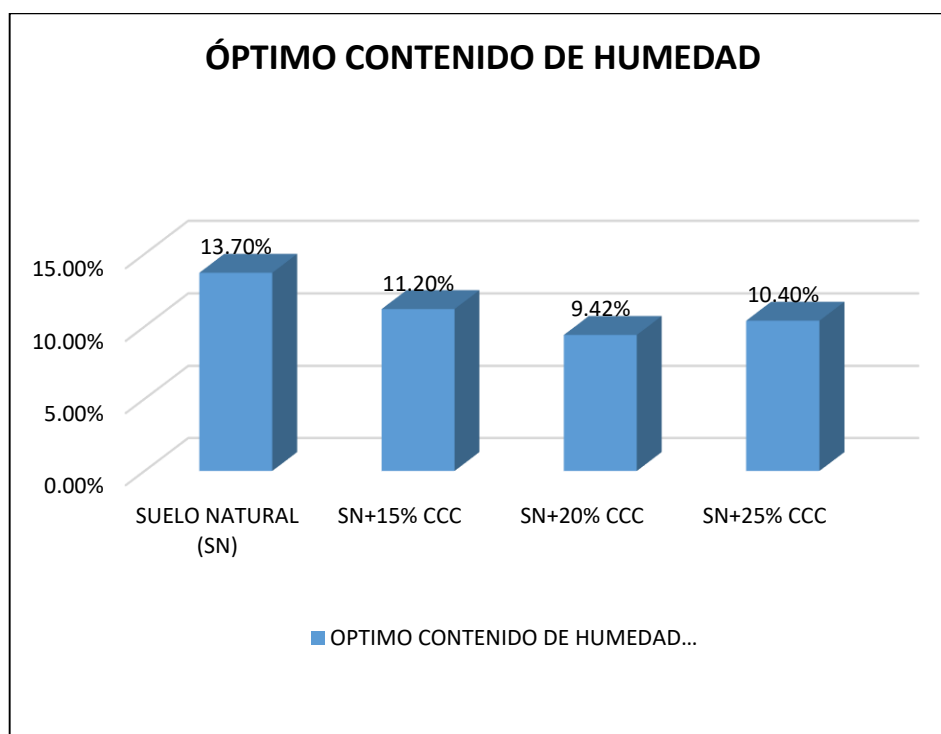
**Figura 4. 20.** Ensayo Proctor Modificado.

Fuente: Toma Propia.

**Tabla 4. 4.** Resumen de OCH y MDS.

Calicata 04	OCH	MDS
MN	13.70%	2.044 gr/cm <sup>3</sup>
SN + 15% CCC	11.20%	2.075 gr/cm <sup>3</sup>
SN + 20% CCC	9.42%	2.158 gr/cm <sup>3</sup>
SN + 25% CCC	10.40%	2.133 gr/cm <sup>3</sup>

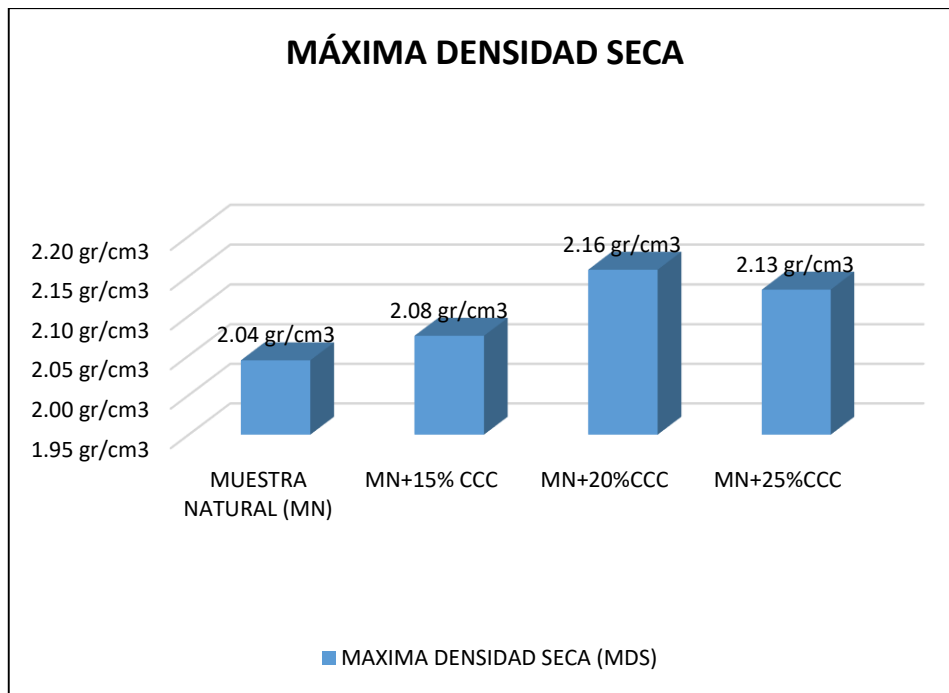
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 4. 21.** OCH con la incorporación de CCC.

Fuente: Fichas de laboratorio.

En la figura 4. 21, el OCH es inversamente proporcional a la adición de ceniza de Ceniza de Cascara de Café, es decir mayor sea la incorporación del aditivo, menor será el Óptimo contenido de humedad, por ejemplo, al incorporar un 20% de CCC la muestra natural se redujo el OCH de 13.70 % a un 9.42%.



**Figura 4. 22.** MDS con la incorporación de CCC.

Fuente: Fichas de laboratorio.

En la figura 4. 22, la MDS es inversamente proporcional a la adición de ceniza de Cascara de Café, es decir, a mayor dosificación de CCC resulta menos el valor de la Máxima Densidad Seca, por ejemplo, al incorporar un 20% de CCC a la muestra patrón incrementa la MDS de 2.044 g/cm<sup>3</sup> a 2.158 g/cm<sup>3</sup>.

**Objetivo específico 03:** Indicar la influencia de la ceniza de cascara de café sobre el índice de la resistencia del suelo en las propiedades mecánicas de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.

### **Capacidad de Soporte (CBR)**

Para conocer el CBR de las muestras se hace la prueba donde se fuerza una penetración de pistón en la muestra compacta, bajo velocidades uniformes por minuto, mediante un aparato medidor de expansión, y con las muestras sumergidas en agua durante cuatro días para poder simular el estado crítico al que se sometería la subrasante y la carga de presión de un supuesto pavimento.





**Figura 4. 23.** Muestra Natural para CBR.  
Fuente: Toma Propia



**Figura 4. 24.** Lectura de resultados CBR.  
Fuente: Toma Propia.

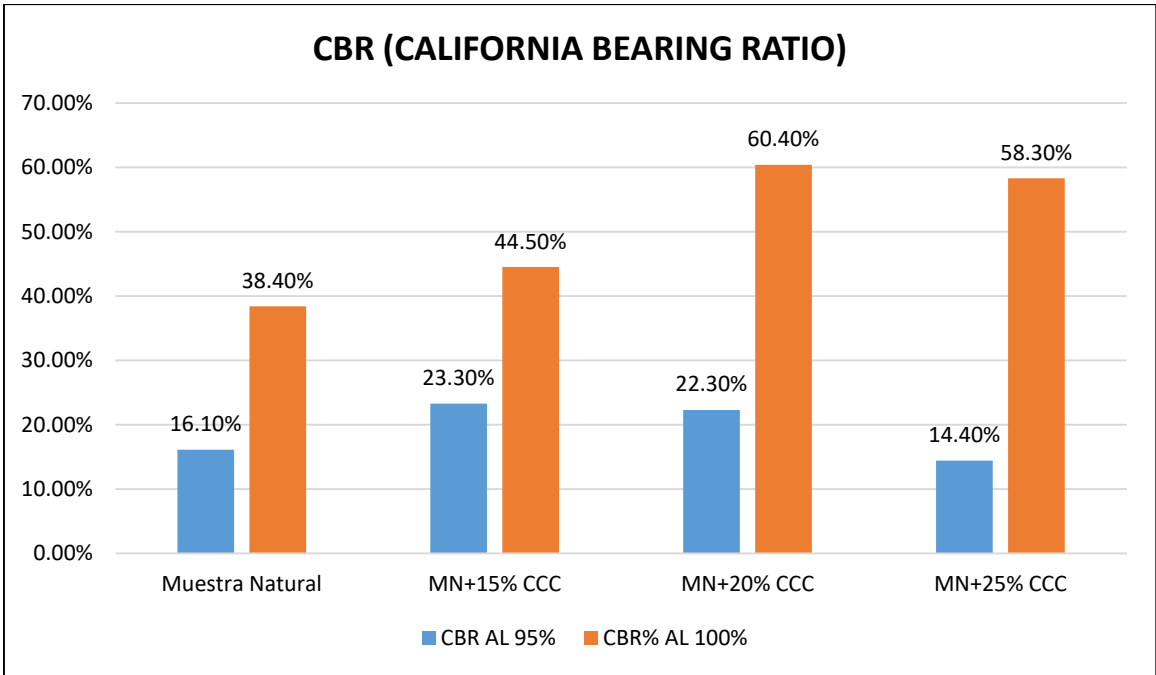
**Tabla 4. 5.** Resumen de CBRs.

<b>Calicata 04</b>	<b>CBR al 95%</b>	<b>CBR al 100%</b>
<b>MN</b>	16.1%	38.4%
<b>SN + 15% CCC</b>	23.3%	44.5%
<b>SN + 20% CCC</b>	22.3%	60.4%
<b>SN + 25% CCC</b>	14.4%	58.3%

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 4. 5 surge la figura 4. 23, donde se muestra que al realizarse la prueba de CBR se pudo apreciar un efecto positivo de las CCC en el suelo arcilloso, donde el porcentaje de CBR es directamente proporcional a la cantidad del aditivo, teniendo un inicial del 95% en un 16.10 % (MN) y finaliza con un 22.30 % ((MN+20%CCC), asimismo al 100% se tiene un porcentaje inicial de 38.40 % (MN) y al terminar se obtiene un 60.40% (MN+20%CCC), siendo un material muy bueno para la estabilización de una Sub rasante de un suelo arcilloso.





**Figura 4. 25.** Gráfico de CBRs con la incorporación de CCC.

Fuente: Fichas de laboratorio.

## V. DISCUSIÓN

**Discusión 1:** Especificar la influencia de la ceniza de cascara de café en el índice de plasticidad de la sub rasante en Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.

**Goñas (2019)** para su estudio, adicióno ceniza de carbón en porcentajes de 15%, 20% y 25% y obtuvo los siguientes resultados:

- Muestra Patrón se obtuvo un índice de plasticidad de 24%.
- Incorporando 15% de ceniza de Carbón, se obtuvo un índice de plasticidad de 21%.
- Incorporando 20% de ceniza de Carbón, se obtuvo un índice de plasticidad de 19%.
- Incorporando 55% de ceniza de Carbón, se obtuvo un índice de plasticidad de 16%.

Por ende, obtuvo mejoras en la cohesión del terreno al disminuir el índice de plasticidad de un 24% a un 16%.

**Resultados obtenidos en la presente investigación:** Al iniciar la investigación y en base a la clasificación de suelos, el terreno natural fue clasificado como Arena arcillosa (SC) según SUCS se deduce que mientras se adiciona CCC, se obtiene lo siguiente:

- Muestra Patrón se obtuvo un índice de plasticidad de 19.16%
- Incorporando 15% de ceniza de cascara de café, se obtuvo un 17.35% de índice de plasticidad.
- Incorporando 20% de ceniza de cascara de café, se obtuvo un 12.63% de índice de plasticidad.
- Incorporando 25% de ceniza de cascara de café, se obtuvo un 9.36% de índice de plasticidad.

Por ende, se obtuvo mejoras en la cohesión del terreno al disminuir el índice de plasticidad de un 19.16% a un 9.36%

**Comparación:** Según el autor Goñas (2019), algunas cenizas como la ceniza de carbón, reducen el índice plástico de los suelos con material arcillosos; esto se demuestra en esta investigación, al incrementarse las dosificaciones de cenizas Cascara de Café en la muestra patrón, ayuda a disminuir el contenido de humedad del terreno, siendo similares al antecedente.

Es necesario precisar que no se obtuvo un análisis con un porcentaje del 30% de Ceniza de Cascara Café, así que no se podría precisar si el índice de plasticidad estaría disminuyendo aún más todavía.

**Discusión 2:** Determinar la Influencia de la ceniza de cascara de café en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.

**Espinoza y Velásquez (2018)** para su estudio, agregó porcentajes de ceniza de caña de azúcar directamente a una sub rasante, obteniendo mejoras en la relación de óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la siguiente manera:

- En la Muestra Patrón determino una MDS de 1.656 gr/cm<sup>3</sup> y un OCH de 6.382%.
- Incorporando 10% de ceniza de caña de azúcar, se obtuvo una máxima densidad seca de 1.802 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 8.708%.
- Incorporando 20% de ceniza de caña de azúcar, obtuvo una MDS de 1.859 gr/cm<sup>3</sup> y un OCH de 9.567%.
- Incorporando 30% de ceniza de caña de azúcar, obtuvo una MDS de 1.776 gr/cm<sup>3</sup> y un OCH de 8.321%.

Se aprecia que con la adición de 20% de ceniza de caña de azúcar tiene el mejor resultado en cuanto a la MDS Y OCH.

**Resultados obtenidos en la presente investigación:** En la presente investigación, agregando 15%, 20% y 25% de ceniza de cascara de café, se obtuvo los siguientes resultados:

- Muestra Patrón se obtuvo una máxima densidad seca de 2.044 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 13.70%.

- Incorporando 15% de ceniza de cascara de café, se obtuvo una máxima densidad seca de 2.075 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 11.20%.
- Incorporando 20% de ceniza de cascara de café, se obtuvo una máxima densidad seca de 2.158 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 9.42%.
- Incorporando 25% de ceniza de cascara de café, se obtuvo una máxima densidad seca de 2.133 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 10.40%.

Se aprecia que con la adición de 20% de CCC tiene el mejor resultado en cuanto a la máxima densidad seca (2.158 gr/cm<sup>3</sup>) y óptimo contenido de humedad (9.42%).

Además, obteniendo en resultado en cuanto a máxima densidad seca de 2.163 gr/cm<sup>3</sup> y óptimo contenido de humedad de 9.21% (Óptimo: Resultado matemático más favorable).

**Comparación:** con las cenizas de carbón se determinaron valores similares al reducirse la humedad óptima y aumentar la máxima densidad seca, por medio de los ensayos, esto se demuestra mediante la presente investigación al incrementar la Ceniza de Cascara de Café hasta un 20%.

Asimismo el porcentaje ideal para lograr óptimos resultados fue de un 24.10%

**Discusión 3:** Indicar la Influencia de la ceniza de cascara de café en la resistencia del suelo en la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.

**Cobos, Ortegon y Peralta (2019)** para su estudio, agregó porcentajes de ceniza de cascara de café directamente a una subrasante, obteniendo mejoras en el índice de resistencia de los suelos de la siguiente manera:

- Muestra patrón con CBR al 95% se logró un 75.09%; y CBR al 100% se logró un 76.67%.
- Al incorporar la ceniza de cascara de Café en un 5% con CBR al 95% se logró un 63.22%; y CBR al 100% se logró un 68.66%.
- Al incorporar la ceniza de cascara de Café en un 10% con CBR al 95% se logró un 77.42%; y CBR al 100% se logró un 84.22%.

- Al incorporar la ceniza de cascara de Café en un 15% con CBR al 95% se logró un 96.21%; y CBR al 100% se logró un 99.15%.

Se aprecia que con la adición de 20% de ceniza de caña de azúcar tiene el mejor resultado en cuanto a máxima densidad seca y optimo contenido de humedad.

**Resultados obtenidos en la presente investigación:** en la presente investigación, el terreno natural presentaba un índice de resistencia a los suelos del 38.4% pero:

- Muestra patrón con CBR al 95% se logró un 16.10%; y CBR al 100% se logró un 38.40%.
- Al incorporar la ceniza de cascara de Café en un 15% con CBR al 95% se logró un 23.30%; y CBR al 100% se logró un 44.50%.
- Al incorporar la ceniza de cascara de Café en un 10% con CBR al 95% se logró un 22.30%; y CBR al 100% se logró un 60.40%.
- Al incorporar la ceniza de cascara de Café en un 25% con CBR al 95% se logró un 14.40%; y CBR al 100% se logró un 58.30%.

Dichos resultados, están en el pico más alto entre los porcentajes de 20% y 25%, lo que indica que Aumenta el índice de resistencia de los suelos (Óptimo: Resultado matemático más favorable 24.10% de ceniza de cascara de café).

Comparación: Al comparar ambas investigaciones se obtuvo que; en ambos casos se aumentaron la resistencia de los suelos; no obstante la diferencia entre ambos resultados difiere en que se tomaron muestras patrón en el antecedente con CBR de alto porcentajes, los cuales no debían ser tomados para un tema de tesis, puesto que los mismos ya cumplían con los requisitos mínimos que nos pide la norma (40% como mínimo).

## VI. CONCLUSIONES

Según el objetivo general, se concluye que si se pudo disminuir el índice plástico, se incrementó la máxima densidad seca con la disminución de la humedad y se incrementó la capacidad de soporte del suelo de subrasante.

**Conclusión 1:** se concluye que la CCC influye en la disminución de 13.18% del contenido de humedad del terreno natural, pasando de 32.43% a 19.25% mediante la incorporación del 25% de ceniza de cascara de café; así también como la disminución en 9.80% del índice de plasticidad del terreno natural, pasando de 19.16% a 9.36% al emplearse un 25% de la ceniza de Cascara de Café. Por lo tanto, la influencia de mejora está directamente relacionada con los porcentajes propuestos, con respecto al índice de plasticidad, el cual queda comprobado.

**Conclusión 2:** se concluye que la CCC influye en la Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad (sub rasante), ya que influyeron en el incremento de 0.114 gr/cm<sup>3</sup> en cuanto a la Máxima densidad seca (Muestra Patrón), pasando de 2.044 gr/cm<sup>3</sup> al 2.158 gr/cm<sup>3</sup> mediante la incorporación del 20% de ceniza de Cascara de Café. Por lo tanto, la influencia de mejora está directamente relacionada con los porcentajes propuestos, con respecto a la Máxima Densidad Seca y el Optimo Contenido de Humedad, el cual queda comprobada. Sin embargo, con la incorporación del 25% de la Ceniza de cascara de Café empieza a decaer La máxima Densidad Seca (2.133 gr/cm<sup>3</sup>) y Aumentar el Optimo Contenido de Humedad (10.40%).

**Conclusión 3:** se concluye que la CCC influye en el ensayo CBR de la subrasante, ya que influyó positivamente en el aumento a la Resistencia de la Muestra Patrón al 100% en un **19.9%**, ya que, en la muestra patrón se tuvo un CBR de **38.40%** (al 100%) y al incorporarle el **20%** de la ceniza de cascara de café se obtuvo un CBR **60.40%**; entonces la influencia de la ceniza de cascara de café es positiva respecto a la Resistencia de los suelos (CBR)

## VII. RECOMENDACIONES

**Recomendación 1:** En la presente investigación al elegirse porcentajes de ceniza de cascara de café que iban desde un 15% hasta un 25%, en todas ellas se logró la disminución del índice de plasticidad; para continuar la Investigación recomendamos incrementar el porcentaje de cascara de café a mayor del 25%, hasta obtener la curva del óptimo índice de plasticidad.

**Recomendación 2:** En la presente investigación al elegirse porcentajes de ceniza de cascara de café que iban desde la muestra patrón, 15% hasta un 20%, en todas se logró un aumento de la máxima densidad seca de **0.114 gr/cm<sup>3</sup>** (muestra patrón **2.075 gr/cm<sup>3</sup>** al **20%** se obtuvo **2.158 gr/cm<sup>3</sup>**); sin embargo; al elegir el 25% de ceniza de cascara de café empezó a decaer la máxima densidad seca hasta un **2.133 gr/cm<sup>3</sup>** para continuar la Investigación recomendamos disminuir el porcentaje de cascara de café menor al 25%, hasta obtener la curva de Máxima densidad seca versus Optimo contenido de humedad.

**Recomendación 3:** En la presente investigación al elegirse porcentajes de ceniza de cascara de café que iban desde la muestra patrón, 15% hasta un 20%, en todas se logró un aumento capacidad de soporte de 19.9% al 100% (muestra patrón **38.40%** al **20% C.C.C.** se obtuvo **60.40%**); sin embargo; al elegir el 25% de ceniza de cascara de café empezó a la capacidad de soporte a un 58.30% (2.1%), para continuar la Investigación recomendamos disminuir el porcentaje de cascara de café menor al 25%, hasta obtener el índice de resistencia de los suelos óptimo.

## REFERENCIAS

1. Goñas, O. *Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada*, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Chachapoyas, Tesis, 2019
2. Chuquiño, A. y Velasquez, J. *Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Ceniza De Caña De Azúcar En El Tramo De Pinar-Marian, Distrito De Independencia 2018*, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Tesis, Perú, 2018.
3. Mamani, L. y Yataco, A. *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho*, Universidad San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Tesis, Perú, 2017.
4. Cobos, M. Ortegón, C. y Peralta, J. *Caracterización del Comportamiento Geotécnico de suelos de origen volcánico estabilizados con cenizas provenientes de cáscara de coco y cisco de café*, Universidad cooperativa de Colombia. Facultad de ingeniería civil. Programa de ingenierías, Tesis, Ibagué 2019.
5. Chicaiza, E. y Oña, F. *Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz*, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Tesis, Quito, 2018.
6. Acevedo, L. *Estudio del comportamiento de suelos potencialmente expansivos en zonas forestales estabilizados con cenizas FBC*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería. Tesis. Chile 2009.
7. Yadav, Gaurav, Kishor y Suman. *Stabilization of alluvial soil for subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads*. Department of Civil Engineering, National Institute of Technology Patna, Bihar, India, Tesis, 2017.
8. Beeghly, J. *Recent Experiences with Lime-Fly ash Stabilization of Pavement Subgrade Soils, Base, and recycled Asphalt*, University of Kentucky, Artículo, 2003.



9. Kumar, A. y Biradar, K. *Soft subgrade stabilization with quarry dust-an industrial waste*, International Journal of Research in Engineering and Technology, Tesis, 2014.
10. Thenoux, G. Y Carrillo, H. *Estudio para la utilización de cenizas provenientes de la caldera cogeneradora petropower en la estabilización de suelos*. Centro de Ingeniería e Investigación Vial - DICTUC S.A., Pontificia Universidad Católica de Chile, Artículo, Chile. 2002.
11. Padilla, E. y Serrano, E. *Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de sub rasante por la adición de materiales poliméricos reciclados*, Revista Ingeniería Solidaria, vol. 25, n.º 1, Universidad Cooperativa de Colombia, Artículo, 2019.
12. Ojeda, O, Baltazar, M. y Zamora, J., *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 sub rasante*, revista ALCOMPAT, 2018.
13. Leandro, S., Oliveira, A. y Franca, S. *An Overview of the Potential Uses for Coffee Husks*. 32, Belo Horizonte : s.n., Coffee in Health and Disease Prevention, Vol. 1, págs. 283-292.
14. Manals E., Salas, D. Penedo, M. *Caracterización de la biomasa vegetal "cascarilla de café"*, Universidad de Oriente Santiago de Cuba, Facultad de ingeniería química, Artículo, 2019, Pág. 172
15. Lim, S., y otros. *Critical Review of Innovative Soil Road Stabilization Techniques*. 5, 2014, International Journal of Engineering and Advanced Technology, Vol. 3, págs. 204-212.
16. Ahmed, Afaf Ghais Abadi. *Fly Ash Utilization in Soil Stabilization*. Istanbul : s.n., 2014, International Conference on Civil, Biological and Environmental Engineering (CBEE-2014) May 27-28, 2014 Istanbul (Turkey) , págs. 78-81.
17. Kumar, U y Biradar, K. *SOFT SUBGRADE STABILIZATION WITH QUARRY DUST-AN INDUSTRIAL WASTE*. 8, Rajam, : s.n., 2014, International Journal of Research in Engineering and Technology, Vol. 3, págs. 409-412.
18. Erktan, y otros. *Comparison of infrared spectroscopy and laser granulometry as alternative methods to estimate soil aggregate stability in Mediterranean badlands*. 271, 2016, Geoderma, Vol. 1, págs. 225-233.

19. ZOLFAGHARI, Z, MOSADDEGHI, M y AYOUBI, S. *ANN-based pedotransfer and soil spatial prediction functions for predicting Atterberg consistency limits and indices from easily available properties at the watershed scale in western Iran*. 31, 2015, Soil Use and Management doi: 10.1111/sum.12167, Vol. 1, págs. 1-12.
20. ADAMS, J. y RAJESH, M. *SOIL STABILIZATION USING INDUSTRIAL WASTE AND LIME*. Tamilnadu : s.n., 2015, International Journal of Scientific Research Engineering & Technology, págs. 799-805.
21. Susha, S. U., Singh, D. y Baghini, M. *A critical review of soil moisture measurement*. 54, Mumbai : s.n., 2014, Measurement, Vol. 1, págs. 92-105.
22. HAIGH, S., y otros. *The plastic limit of clays*. 64, 2014, Geotechnique, Vol. 7.
23. Hugar, G. y Soraganvi, V. *Impact of Soil Organic carbon on Bulk Density and plasticity index of Arid Soils of Raichur, India*. 2, Karnataka, : s.n., 2014, International Research Journal of Environment Sciences, Vol. 3, págs. 1-7.
24. Brillante, L., y otros. *Monitoring soil volume wetness in heterogeneous soils by electrical resistivity. A field-based pedotransfer function*. 515, Rennes: s.n., 2014, Journal of Hydrology, Vol. 1, págs. 55-65.
25. Soinnie, H., y otros. *Effect of biochar on phosphorus sorption and clay soil aggregate stability*. Helsinki: s.n., 2014, Geoderma, págs. 162-167.
26. Moreno, Jose, Alonso, Jacinto y Brendan, Kelly. *Review and critical examination of fine-grained soil classification systems based on plasticity*. Dublin : s.n., 2021, Applied Clay Science, págs. 1-14
27. Soinnie, H., y otros. *Effect of biochar on phosphorus sorption and clay soil aggregate stability*. Helsinki: s.n., 2014, Geoderma, págs. 162-167.
28. Moreno, Jose, Alonso, Jacinto y Brendan, Kelly. *Review and critical examination of fine-grained soil classification systems based on plasticity*. Dublin : s.n., 2021, Applied Clay Science, págs. 1-14 Kumar, Arun y Mittal, Anupam. *Utilization of Municipal Solid Waste Ash for Stabilization of Cohesive Soil*. Haryana : s.n., 2019, Environmental Geotechnology, págs. 133-140.
29. Rodriguez E. *Metodología de la Investigación* 5ta Edición, Mexico, colección 2005, Pág. 23.
30. Namakforoosh, N. *Metodología de la Investigación* 2da Edición Mexico Limusa 2005 Pág. 44.

31. Gomez, M. *Introducción a la metodología científica*, 1ra edición Córdoba, Bujas, 2006, Pág. 85.
32. Grove, S., Burns, N. y Gray, J. *The practice of nursing research, appraisal, synthesis and generation of evidence*, seventh edition, china, etseven health sciences 2013, pág. 155.
33. DIAZ, M. Y FERNANDEZ, J., Influencia de la Adición de Ceniza de Cascarilla de Café en la Trabajabilidad y Resistencia a Compresión del Concreto, Universidad Nacional de Jaen, tesis, 2019, pag 08
34. Hernández H., *En Metodología de la Investigación sexta edición - Selección de la muestra*. Mexico : Espacio de formación Multimodal, 2019
35. VENTURA, Jose. *¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria*. 3, Cuba : s.n., 2017, Revista Cubana de Salud Pública, Vol. 43.
36. HERNANDEZ, Sampieri, FERNANDEZ, Collado y BAPTISTA, Lucio. *En Metodología de la Investigación sexta edición - Selección de la muestra*. Mexico : Espacio de formación Multimodal, 2014.
37. OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. 1, Chile : s.n., 2017, International Journal of Morphology, Vol. 35.
38. ARIAS, Jose. *Metodos de investigacion*. Arequipa : Deposito legal en la biblioteca nacional del Peru, 2020. 978-612-00-5506-9.
39. Gómez, Olga y Amaya, María. *instrumentos para elegir y evaluar artículos científicos para la investigación y la práctica basada en evidencia*. 3, Cundinamarca : s.n., 2013, Aquichan, Vol. 13, págs. 407-420.
40. Pérez, Odilia, y otros. *VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTO PARA MEDICIÓN DE IMPACTO DE TIC, EN EL MARCO DEL DESPLIEGUE DE ACTIVIDADES SATELITALES VENEZOLANAS*. 1, Cumaná : s.n., 2012, SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, Vol. 24.
41. Zavando, Daniela, Suazo, Ivan y Manterola, Carlos. *VALIDEZ EN LA INVESTIGACIÓN IMAGINOLÓGICA*. 16, Talca : s.n., Revista Chilena de Radiología, Vol. 2.
42. Gomez, M. *Introducción a la metodología científica*, 1ra edición Córdoba, Bujas, 2006, Pág. 92.

## ANEXOS

### ANEXO 1 : MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO: "Influencia de la ceniza de cascara de café en las propiedades físico mecánicas de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021"**

PROBLEMA DE LA INVESTIGACION	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipotesis General</b>	I N D E P E N D I E N T E	V A R I A B L E	CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ	Dosificaciones en porcentaje al Peso del suelo.	BALANZA CALIBRADA	
¿De qué manera Influye la ceniza de Cascara de Café en las Propiedades físico Mecánicas de la Sub rasante en Yanahuaya - Sandia - Puno 2021?	Analizar la incorporación de la ceniza de Cascara de Café en las Propiedades físico Mecánicas de la sub rasante en Yanahuaya - Sandia - Puno 2021.	La incorporación de la ceniza de Cascara de Café mejora las Propiedades físico Mecánicas de la sub rasante en Yanahuaya - Sandia - Puno 2021.						15%
								20%
			25%					
<b>Problemas Especificos</b>	<b>Objetivos Especificos</b>	<b>Hipotesis Especificas</b>						
¿Cuánto influye la ceniza de cascara de café en el índice de plasticidad de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021?	Especificar la influencia de la ceniza de cascara de café sobre el índice de plasticidad de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.	La incorporación de la ceniza de cascara de café disminuye el índice de plasticidad en la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.	V A R I A B L E	D E P E N D I E N T E	PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	PROPIEDAD FISICA (%)	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	ENSAYOS DE LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129.1999
¿Cuanto Influye la ceniza de cascara de café en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021?	Determinar la influencia de la ceniza de cascara de café sobre la máxima densidad seca y el contenido de humedad de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.	La incorporación de la ceniza de cascara de café aumenta la máxima densidad seca y reduce el contenido de humedad de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.				PROPIEDADES MECANICAS (Gr/cm <sup>3</sup> - %)	MAXIMA DENSIDAD SECA (Gr/Cm <sup>3</sup> )	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO NTP- 339.141.1999
¿Cuánto influye la ceniza de cascara de café en el índice de la resistencia del suelo en la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021?	Indicar la influencia de la ceniza de cascara de café sobre el índice de la resistencia del suelo de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.	La incorporación de la ceniza de cascara de café aumenta el índice de la resistencia del suelo en la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021.				INDICE DE RESISTENCIA DE LOS SUELOS %	ENSAYO DE CBR NTP 339.145	

**ANEXO 2 : OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

**TITULO: "Influencia de la ceniza de cascara de café en las propiedades físico mecánicas de la sub rasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021"**

VARIABLES DE LA INVESTIGACION		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE AMEDICIÓN	METODOLOGÍ
• VARIABLE INDEPENDIENTE	CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ (CCC)	Según <b>DIAZ, M. Y FERNANDEZ, J. (2019)</b> Es un desecho agroindustrial [...] que utiliza la cascarilla de café como combustible para la incineración de ladrillos a temperaturas controladas. Se calcina la cascarilla de café a una temperatura aproximada de 900 °C,	Las dosificaciones de ceniza de cascara de café de 15.00%, 20.00% Y 25.00% respecto al peso (kg), se emplearán sobre el diseño de mezcla Patrón, con el objetivo de reducir el índice de Plasticidad, contenido de agua y; aumentar la máxima densidad seca y capacidad de soporte.	DOSIFICACIONES EN PORCENTAJE AL PESO DEL SUELO.	15%	RAZON	Tipo de Investigación: Aplicada.  Nivel de investigación: Correlacional Directa e indirecta.  Enfoque: Cuantitativo.
					20%		
					25%		
• VARIABLE DEPENDIENTE	PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	Según <b>Hernandez H. (2018)</b> Las propiedades de los suelos pueden dividirse en dos categorías: 1. Propiedades físicas: son usadas para selección de materiales, especificaciones constructivas y control de calidad. 2. Propiedades mecánicas: dan una estimación de la calidad de los materiales para caminos. La calidad de los suelos para subrasantes se puede relacionar con el módulo resiliente, el módulo de Poisson, el valor soporte del suelo y el módulo de reacción de la subrasante.	La subrasante como tal, tiene como las características físico mecánicas mas resaltantes el índice de plasticidad, máxima densidad seca-contenido de humedad e índice de resistencia del suelo, estas 3 ultimas propiedades se realizarán 4 ensayos (MP, 15.00%, 20.00% y 25.00%) formatos y fichas técnicas bajo la <b>NTP, ASTM y AASHTO.</b>	PROPIEDAD FISICA	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	RAZON	Diseño de Investigación: Experimental. (Cuasi) Población: Tramo Yanahuaya - Caballuni-04 calicatas (respecto al tipo de carretera -Manual de carreteras) Muestreo: No probabilístico. Muestra: 4 Limites de Atterberg, 4 Proctor Modificado y 4 CBR Técnica: Observación directa. Instrumento de Investigación: Observación, fichas de laboratorio y Ensayos.
				PROPIEDADES MECANICAS	MAXIMA DENSIDAD SECA (Gr/Cm3)	RAZON	
					INDICE DE RESISTENCIA DE LOS SUELOS (%)	RAZON	

## ANEXO 03: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Adición de Ceniza de Cascara de Café.

“Influencia de la ceniza de cascara de café en las propiedades físico mecánicas de la subrasante, Yanahuaya-Sandia-Puno 2021”

### Parte A: Datos generales

Tesista: Amilcar Pascual Huancapaza Laura.

Fecha: Lima, 09 de Julio del 2021.

### Parte B: Dosificación de Ceniza de Cascara de Café

15%	
20%	
25%	

Tesis: Goñas O. (2019) Adición Ceniza de carbón: 15%, 20%, 25%

Tesis: Espinoza y Velásquez (2018) Adición Ceniza de Caña de Azúcar: 10%, 20%, 30%.

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos: Agramonte Pacori.

Nombres: Amilcar.

Título: Ingeniero Civil.

Grado: Bachiller.

N° Reg. CIP: 247765.

Firma:


Amilcar Agramonte Pacori  
INGENIERO CIVIL  
CIP-247765

Apellidos: Laura Choque.

Nombres: Victor Hugo.

Título: Ingeniero Civil

Grado: Bachiller.

N° Reg. CIP: 196554.

Firma:


Victor Hugo Laura Choque  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 196554

Apellidos: Torres Escalante.

Nombres: Kristell Yamileth.

Título: Ingeniero Civil.

Grado: Bachiller.

N° Reg. CIP: 186650.

Firma:


Kristell Torres Escalante  
CIP: 186650

## ANEXO 04: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :  
 SOLICITANTE :  
 CANTERA :  
 MUESTRA :  
 LUGAR :  
 FECHA :

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	

### LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LIMITE LIQUIDO

TARRO N°	L	Y
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	
N° DE GOLPES		

#### LIMITE PLASTICO

Z	X

<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>00.00</b>	<b>LIMITE PLASTICO</b> :
-----------------------	--------------	--------------------------

<b>INDICE PLASTICO</b> :
--------------------------





UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

PROYECTO	:	
SOLICITANTE	:	
MUESTRA	:	
UBICACIÓN	:	
CALICATA	:	
FECHA	:	

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	1986 cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.				
Peso del Molde	gr.				
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .				
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .				

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.								
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.								
Peso del Agua	gr.								
Peso de la Capsula	gr.								
Peso del Suelo Seco	gr.								
% de Humedad	%								
<b>Promedio de Humedad</b>	%								
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%								

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	gr/cm <sup>3</sup>
		HUMEDAD OPTIMA	:	



## ANEXO 05: CERTIFICADOS



**UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**



### REGISTRO DE ESTRATIGRAFIA

**PROYECTO** : TESIS "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE SUB RASANTE EN YANAHUAYA - SANDIA - PUNO 2021"

**SOLICITANTE** : AMILCAR PASCUAL HUANCAPAZA LAURA **PROF:** 0.00 - 1.50 m

**UBICACIÓN** : SECTOR CABALLUNI- YANAHUAYA - SANDIA - PUNO

**MUESTRA** : CALICATA Nº 04

**FECHA** : 06 DE AGOSTO DEL 2021

COTA	PROF.	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGIA
	0.00				
		M - 1	SC	Arena arcillosa de color amarillo, de consistencia media y plasticidad de media tendiente a alta, con ciertas partículas de grava media.	
	1.50				
<b>OBSERVACIÓN:</b> EL MUESTREO SE REALIZO CON LA SUPERVISION DEL PERSONAL DE LABORATORIO					



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FILIAL PUNO  
 Encargado de Laboratorio Ing. Civil - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL FILIAL PUNO  
 No. Ing. Hernán P. Martínez Ramos  
 COORDINACIÓN ACADÉMICA  
 CIP 62708





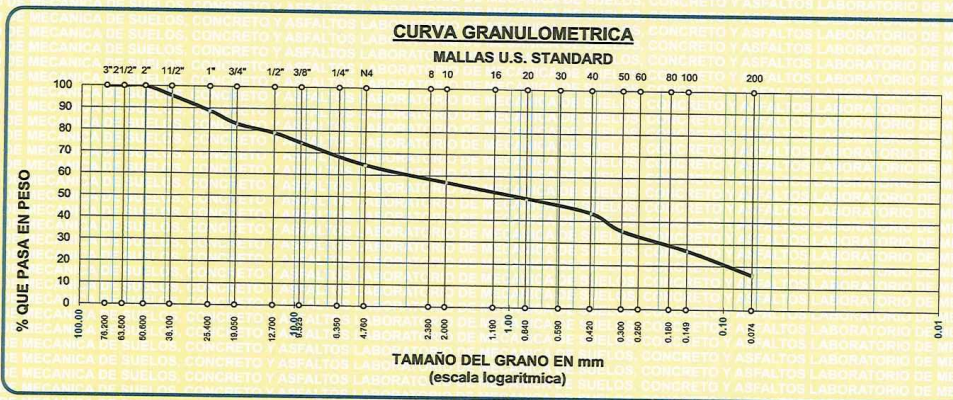
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**  
**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

**PROYECTO** : TESIS "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE SUB RASANTE EN YANAHUAYA - SANDIA - PUNO 2021"  
**SOLICITANTE** : BACH. AMILCAR PASCUAL HUANCAPAZA LAURA  
**CANTERA** : SECTOR CABALLUNI  
**MUESTRA** : CALICATA 4 - MUESTRA 1  
**UBICACIÓN** : SECTOR CABALLUNI- YANAHUAYA - SANDIA - PUNO  
**FECHA** : 07 DE AGOSTO DEL 2021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	PESO RET. CORREGIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. TECNICAS	TAMAÑO MAXIMO:
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 3500.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 3376.90
1 1/2"	38.100	156.40	156.40	4.47	4.47	95.53		P.P.= 123.10
1"	25.400	237.20	237.20	6.78	11.25	88.75		%W= 5.84
3/4"	19.050	207.02	207.02	5.91	17.16	82.84		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700	136.20	136.20	3.89	21.05	78.95		LL= 32.43
3/8"	9.525	155.40	155.40	4.44	25.49	74.51		LP= 13.28
1/4"	6.350							IP= 19.16
No4	4.760	348.90	348.90	9.97	35.46	64.54		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No6	2.380							D10= — Cu= —
No10	2.000	58.10	262.48	7.50	42.96	57.04		D30= 0.202 Cc= —
No16	1.190							D60= 3.089
No20	0.840	54.20	244.86	7.00	49.96	50.04		CLASIFICACION:
No30	0.590							I.G. =
No40	0.420	49.50	223.63	6.39	56.35	43.65		SUCS : SC
No 50	0.300	61.50	277.84	7.94	64.28	35.72		AASHTO : A-2-4 (0)
No60	0.250							OBSERVACIONES:
No80	0.180							
No100	0.149	68.10	307.66	8.79	73.07	26.93		
No200	0.074	85.50	386.27	11.04	84.11	15.89		
BASE		123.10	566.14	15.89	100.00	0.00		
TOTAL		3500.00	3500.00	100.00				
% PERDIDA		15.89						



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL TESTISTA



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FILIAL PUNO  
 Bach. L.C. Liz Patricia Hila Choque Castillo  
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL FILIAL PUNO  
 M. Sc. Hernán J. Martínez Ramos  
 COORDINACIÓN ACADÉMICA  
 CIP 62708





UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : TESIS "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE SUB RASANTE EN YANAHUAYA - SANDIA - PUNO 2021"  
**SOLICITANTE** : BACH. AMILCAR PASCUAL HUANCAPAZA LAURA  
**CANTERA** : SECTOR CABALLUNI  
**MUESTRA** : CALICATA 4 - MUESTRA 1  
**LUGAR** : SECTOR CABALLUNI- YANAHUAYA - SANDIA - PUNO  
**FECHA** : 07 DE AGOSTO DEL 2021

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	466.30
SUELO SECO + TARRO	gr	442.76
PESO DEL TARRO	gr	39.80
PESO DEL AGUA	gr	23.54
PESO DEL SUELO SECO	gr	402.96
HUMEDAD %	%	5.84

**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**  
**ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

**LIMITE LIQUIDO**

TARRO N°		L	Y
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	40.80	41.15
SUELO SECO + TARRO	gr	36.10	37.04
PESO DEL TARRO	gr	22.30	23.70
PESO DEL AGUA	gr	4.70	4.11
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.80	13.34
HUMEDAD %	%	34.06	30.81
N° DE GOLPES		25	25

**LIMITE PLASTICO**

Z	X
27.71	27.13
27.28	26.56
23.89	22.45
0.43	0.57
3.39	4.11
12.68	13.87

<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>32.43</b>	<b>LIMITE PLASTICO</b>	<b>13.28</b>
-----------------------	--------------	------------------------	--------------

**INDICE PLASTICO** : **19.16**

LL =  $W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Liquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes

**OBSERVACIONES:** LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL TESISTA



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FILIAL PUNO  
 BACH. LIC. LIZ PATRICIA HILACQUE CASTILLO  
 ENCARGADA DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL FILIAL PUNO  
 COORDINACIÓN ACADÉMICA  
 MSc. ING. HERNÁN F. MARTÍNEZ RAMÍREZ  
 CIP 62708





UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : TESIS "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE SUB RASANTE EN YANAHUAYA - SANDIA - PUNO 2021"  
**SOLICITANTE** : BACH. AMILGAR PASCUAL HUANCAPAZA LAURA  
**CANTERA** : SECTOR CABALLUNI  
**MUESTRA** : MUESTRA PATRON + 25% DE ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ  
**LUGAR** : SECTOR CABALLUNI- YANAHUAYA - SANDIA - PUNO  
**FECHA** : 07 DE AGOSTO DEL 2021

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	435.16
SUELO SECO + TARRO	gr	415.02
PESO DEL TARRO	gr	40.10
PESO DEL AGUA	gr	20.14
PESO DEL SUELO SECO	gr	374.92
HUMEDAD %	%	5.37

**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**  
**ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

**LIMITE LIQUIDO**

TARRO N°		L	Y
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.50	41.62
SUELO SECO + TARRO	gr	38.42	38.45
PESO DEL TARRO	gr	22.30	22.10
PESO DEL AGUA	gr	3.08	3.17
PESO DEL SUELO SECO	gr	16.12	16.35
HUMEDAD %	%	19.11	19.39
N° DE GOLPES		25	25

**LIMITE PLASTICO**

Z	X
26.90	26.81
26.51	26.43
22.50	22.65
0.39	0.38
4.01	3.78
9.73	10.05

**LIMITE LIQUIDO** 19.25      **LIMITE PLASTICO** : 9.89

**INDICE PLASTICO** : 09.36

LL =  $W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Liquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes

**OBSERVACIONES:** LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADAS POR EL TESISISTA



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FILIAL PUNO  
 Bach. I.C. Liz Pavlita Hilarloque Castillo  
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL FILIAL PUNO  
 COORDINACIÓN ACADÉMICA  
 Mg. Ing. Hernán P. Martínez Ramos  
 COORDINACIÓN ACADÉMICA  
 C/P 62708





UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

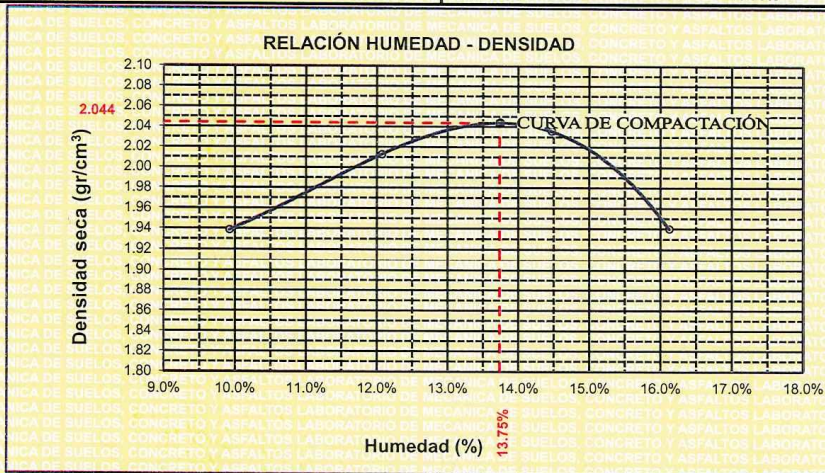
PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE SUB RASANTE EN YANAHUAYA - SANDIA - PUNO 2021"  
 SOLICITANTE : BACH. AMILCAR PASCUAL HUANCAPAZA LAURA  
 MUESTRA : MUESTRA NATURAL  
 UBICACIÓN : SECTOR CABALLUNI- YANAHUAYA - SANDIA - PUNO  
 CALICATA : C - 4 (E 478696 , N 8424989)  
 FECHA : 07 DE AGOSTO DEL 2021

MOLDE No : 1 VOLUMEN DEL MOLDE : 1986 cm<sup>3</sup>  
 No DE CAPAS : 5 GOLPES POR CAPA : 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10042	10290	10438	10284
Peso del Molde	gr.	5810	5810	5810	5810
Peso del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	4232	4480	4628	4474
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	2.131	2.256	2.330	2.253

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	351.00	333.10	345.20	347.00	285.70	280.80	346.90	362.10
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	321.50	307.90	312.20	313.90	253.60	250.90	303.90	317.50
Peso del Agua	gr.	29.50	25.20	33.00	33.10	32.10	29.90	42.90	44.60
Peso de la Capsula	gr.	38.60	40.20	39.10	39.40	37.90	38.20	39.20	39.50
Peso del Suelo Seco	gr.	282.90	267.70	273.10	274.50	215.70	212.70	264.70	278.00
% de Humedad	%	10.43%	9.41%	12.08%	12.06%	14.88%	14.06%	16.21%	16.04%
Promedio de Humedad	%	9.92%		12.07%		14.47%		16.13%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.939		2.013		2.036		1.940	

METODO: ASTM D - 1557 MODIFICADO "C" MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.044 gr/cm<sup>3</sup>  
 HUMEDAD OPTIMA : 13.75%



OBSERVACIONES:  
 LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL TESISISTA.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FILIAL PUNO  
 Bach. L.C. Liz Dora Hilario Que Castiño  
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL FILIAL PUNO  
 Mg. Ing. Hernán P. Martínez Ramos  
 COORDINACIÓN ACADÉMICA  
 CIP 52708





UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR**

**PROYECTO** : TESIS "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS DE SUB RASANTE EN YANAHUAYA - SANDIA - PUNO 2021"  
**SOLICITANTE** : BACH. AMILCAR PASCUAL HUANCAPAZA LAURA  
**MATERIAL** : MUESTRA NATURAL  
**PROPIETARIO** : SECTOR CABALLUNI- YANAHUAYA - SANDIA - PUNO  
**CANTERA** : C - 4 (E 478696 , N 8424989)  
**FECHA** : 07 DE AGOSTO DEL 2021

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

	gr.	12185	12181	12196	12108	12685	12672
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6895	6895	6795	6795	7274	7274
Peso del Molde	gr.	5290	5286	5401	5313	5411	5398
Peso del Suelo Humedo	cc.	2326.00	2326.00	2326.00	2326.00	2326.00	2326.00
Volumen del Suelo	gr/cc.	2.274	2.273	2.322	2.284	2.326	2.321

Capsula No	No	Q	W	E	R	T	Y	U	I	O
Suelo Humedo + Capsula	gr.	344.90	347.20	385.61	329.00	331.60	361.89	298.99	311.81	359.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	300.70	303.89	342.64	290.40	292.00	323.90	267.19	278.60	320.90
Peso del Agua	gr.	44.20	43.31	42.97	38.60	39.60	37.99	31.80	33.21	38.10
Peso de la Capsula	gr.	39.10	38.70	22.83	38.40	38.70	40.30	40.70	40.10	41.20
Peso del Suelo Seco	gr.	261.60	265.19	319.81	252.00	253.30	283.60	226.49	238.50	279.70
% de Humedad	%	16.90%	16.33%	13.44%	15.32%	15.63%	13.40%	14.04%	13.92%	13.62%
Promedio de Humedad	%	16.61%	13.44%	15.48%	13.40%	13.98%	13.62%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.950	2.003	2.011	2.014	2.041	2.042			

**EXPANSION**

Fecha	Hora	Tiempo	Expansion		Expansion		Expansion	
			Dial	Expansion mm %	Dial	Expansion mm %	Dial	Expansion mm %
07/08/2021	08:25: a.m.	0	625.00	0.00 0	500.00	0 0	325.00	0 0
08/08/2021	08:25: a.m.	24:00:00	627.00	0.05 0.04	501.00	0.03 0.02	326.00	0.03 0.02
09/08/2021	08:25: a.m.	48:00:00	629.00	0.10 0.09	502.00	0.05 0.04	326.00	0.03 0.02
10/08/2021	08:25: a.m.	72:00:00	630.00	0.13 0.11	503.00	0.08 0.07	327.00	0.05 0.04
11/08/2021	08:25: a.m.	96:00:00	631.00	0.15 0.13	504.00	0.10 0.09	327.00	0.05 0.04

**PENETRACION**

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III			MOLDE No II			MOLDE No I				
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		7.00	54.8	2.8	15.00	89	4.5	25.00	131	6.6		
1.27	01:00		21.00	114.3	5.8	34.00	169	8.6	58.00	271	13.7		
1.91	01:30		37.00	182.2	9.2	58.00	271	13.7	85.00	386	19.5		
2.54	02:00	70.31	55.00	258.6	13.1	82.00	373	18.9	120.00	534	27.0		
3.81	03:00		85.00	385.9	19.5	109.00	488	24.7	148.00	653	33.0		
5.09	04:00	105.00	110.00	492.0	24.9	140.00	619	31.3	171.00	751	38.0		
6.35	05:00		131.00	581.2	29.4	165.00	725	36.7	191.00	836	42.2		
7.62	06:00		151.00	666.0	33.7	192.00	840	42.5	212.00	925	46.8		
8.84	07:00		163.00	717.0	36.2	208.00	908	45.9	225.00	980	49.5		
10.16	08:00		171.00	750.9	38.0	215.00	938	47.4	231.00	1006	50.8		

OBSERVACIONES:  
 LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL TESISISTA.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FILIAL PUNO  
 Bach. I.C. Liz Juana Hilarión Castillo  
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL FILIAL PUNO  
 Ing. Heriberto P. Martínez Huancapaza  
 COORDINACIÓN ACADÉMICA  
 CIP 62708

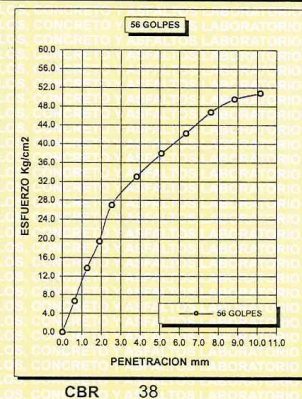
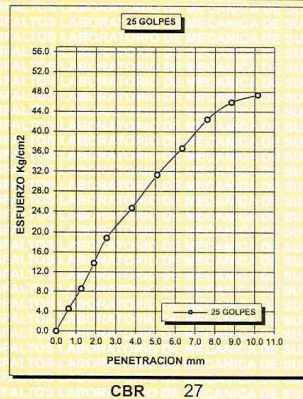
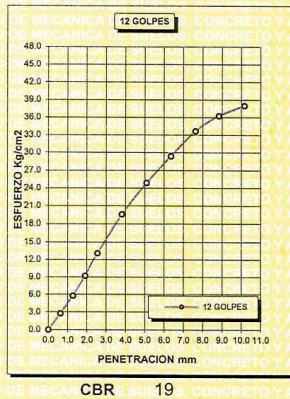
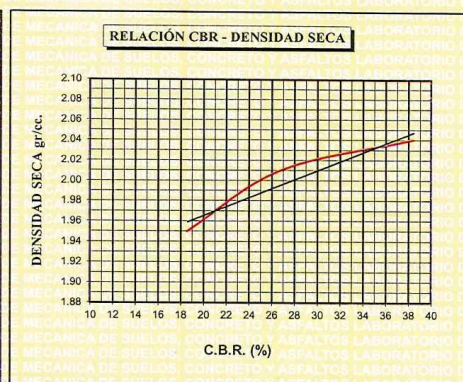
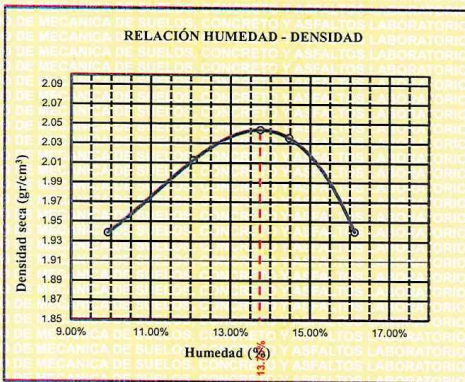




UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



<b>PROYECTO :</b> TESIS "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE SUB RASANTE EN YANAHUAYA - SANDIA - PUNO 2021"	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITADO :</b> BACH. AMILCAR PASCUAL HUANCAPAZA LAURA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)</b> 2.044
<b>MUESTRA :</b> MUESTRA NATURAL	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 13.7%
<b>UBICACIÓN :</b> SECTOR CABALLUNI- YANAHUAYA - SANDIA - PUNO	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 38.4
<b>CALICATA :</b> C - 4 (E 478696 , N 8424989)	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 16.1
<b>FECHA :</b> 07 DE AGOSTO DEL 2021	<b>CLASIFICACIÓN :</b> SC
	<b>AASHTO :</b> A-2-4 (0)
	<b>EMBEBIDO :</b> 4 DIAS



OBSERVACIONES:  
LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL TESISTA.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
Bach. L.C. Liz Zúñiga Chacabarro Castillo  
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL FILIAL PUNO  
COORDINACIÓN ACADÉMICA  
Mg. Ing. Vernay P. Martínez Ramos  
COORDINACIÓN ACADÉMICA  
DIP 62708





UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

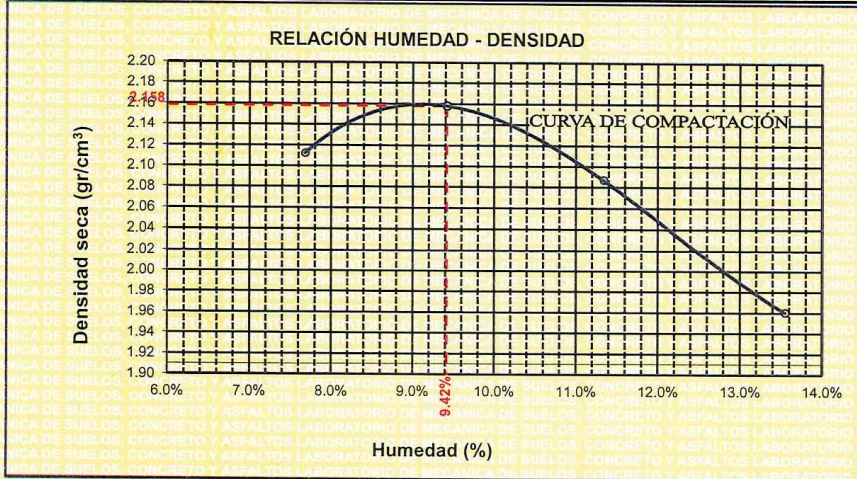
PROYECTO	: TESIS "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE SUBRASANTE EN YANAHUAYA - SANDIA - PUNO 2021"
SOLICITANTE	: BACH. AMILCAR PASCUAL HUANCAPAZA LAURA
MUESTRA	: MUESTRA NATURAL + 20% DE CENIZA CASCARA DE CAFÉ
UBICACIÓN	: SECTOR CABALLUNI- YANAHUAYA - SANDIA - PUNO
CALICATA	: C - 4 (E 478696 , N 8424989)
FECHA	: 12 DE AGOSTO DEL 2021

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 1884 cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10095	10259	10188	10004
Peso del Molde	gr.	5810	5810	5810	5810
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	4285	4449	4378	4194
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	2.274	2.361	2.324	2.226

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	220.41	211.95	189.14	227.17	192.05	180.79	360.14	222.14
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	207.71	199.31	176.15	210.97	176.49	166.10	322.19	200.00
Peso del Agua	gr.	12.70	12.64	12.99	16.20	15.56	14.69	37.95	22.14
Peso de la Capsula	gr.	38.07	38.73	37.92	39.40	39.52	36.27	38.55	38.61
Peso del Suelo Seco	gr.	169.64	160.58	138.23	171.57	136.97	129.83	283.64	161.39
% de Humedad	%	7.49%	7.87%	9.40%	9.44%	11.36%	11.31%	13.38%	13.72%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	7.68%		9.42%		11.34%		13.55%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	2.112		2.158		2.087		1.960	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.158 gr/cm <sup>3</sup>
		HUMEDAD OPTIMA	: 9.42%



**OBSERVACIONES:**

LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL TESISISTA.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FILIAL PUNO  
 BACH. LIC. LAURA HUANCAPAZA CASTILLO  
 ENCARGADA DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA  
 NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL FILIAL PUNO  
 Mg. Ing. Hernán P. Martínez Ramos  
 COORDINACIÓN ACADÉMICA  
 CIP 62708





UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS DE SUB RASANTE EN YANAHUAYA - SANDIA - PUNO 2021"  
 SOLICITANTE : BACH. AMILCAR PASCUAL HUANCAPAZA LAURA  
 MUESTRA : MUESTRA NATURAL + 20% DE CENIZA CASCARA DE CAFE  
 UBICACIÓN : SECTOR CABALLUNI- YANAHUAYA - SANDIA - PUNO  
 CALICATA : C - 4 (E 478696 , N 8424989)  
 FECHA : 12 DE AGOSTO DEL 2021

MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12399	12319	12499	12429	12535	12516
Peso del Molde	gr.	6895	6895	6798	6798	6798	6798
Peso del Suelo Humedo	gr.	5504	5424	5701	5631	5737	5718
Volumen del Suelo	cc.	2410.00	2410.00	2410.00	2410.00	2410.00	2410.00
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.284	2.251	2.366	2.337	2.380	2.373

Capsula No	No									
Suelo Humedo + Capsula	gr.	249.81	249.40	176.42	345.70	358.40	141.99	246.92	244.09	164.35
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	230.80	231.01	167.21	323.30	332.79	134.97	233.85	230.99	155.95
Peso de la Capsula	gr.	19.01	18.39	9.21	22.40	25.61	7.02	13.07	13.10	8.40
Peso del Suelo Seco	gr.	39.48	38.40	22.83	40.70	41.20	28.79	42.10	39.70	24.90
% de Humedad	%	9.94%	9.45%	6.38%	7.93%	8.78%	6.61%	6.82%	6.85%	6.41%
Promedio de Humedad	%	9.69%	6.38%	8.35%	6.61%	6.83%	6.41%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.082	2.116	2.183	2.192	2.228	2.230			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial		Expansion		Dial		Expansion	
			mm	%	mm	%	mm	%		
12/08/2021	14:25: p.m.	0	600.00	0.00	0	0	505.00	0	0	0
13/08/2021	14:25: p.m.	24:00:00	602.00	0.05	0.04	0.03	506.00	0.03	0.02	0.02
14/08/2021	14:25: p.m.	48:00:00	604.00	0.10	0.09	0.08	508.00	0.08	0.07	0.03
15/08/2021	14:25: p.m.	72:00:00	606.00	0.15	0.13	0.10	509.00	0.10	0.09	0.05
16/08/2021	14:25: p.m.	96:00:00	607.00	0.18	0.15	0.13	510.00	0.13	0.11	0.04

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		23.00	122.8	6.2		36.00	178	9.0		48.00	229	11.6	
1.27	01:00		49.00	233.1	11.8		78.00	356	18.0		96.00	433	21.9	
1.91	01:30		76.00	347.7	17.6		110.00	492	24.9		143.00	632	32.0	
2.54	02:00	70.31	97.00	436.8	22.1		140.00	619	31.3		192.00	840	42.5	
3.81	03:00		130.00	576.9	29.2		175.00	788	38.8		259.00	1124	56.8	
5.09	04:00	105.00	156.00	687.3	34.7		206.00	899	45.5		298.00	1290	65.2	
6.35	05:00		181.00	793.4	40.1		230.00	1001	50.6		337.00	1455	73.6	
7.62	06:00		196.00	857.0	43.3		250.00	1086	54.9		366.00	1579	79.8	
8.84	07:00		205.00	895.2	45.3		261.00	1133	57.3		382.00	1646	83.2	
10.16	08:00		215.00	937.7	47.4		270.00	1171	59.2		394.00	1697	85.8	

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL TESTISTA.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 PUNO  
 BACH. LIC. Lizbeth Hilario Castillo  
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL PUNO  
 Mg. Lic. Herman E. Martínez Ramos  
 COORDINACIÓN ACADÉMICA  
 ZIP 62708

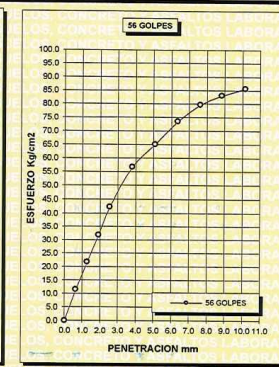
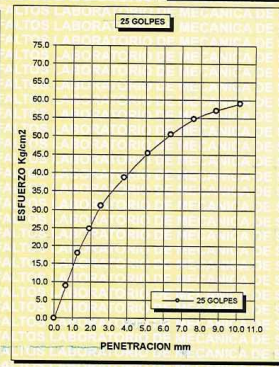
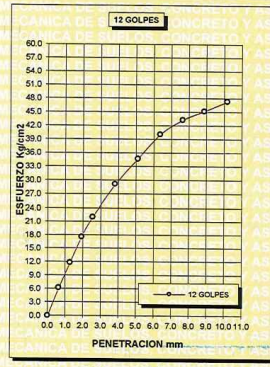
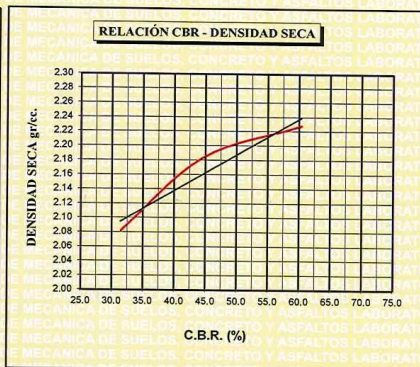
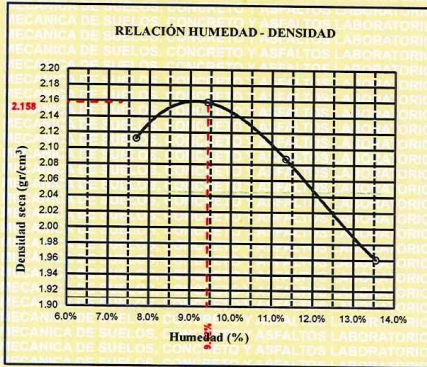




UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



<b>PROYECTO</b> :	TESIS "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS DE SUB RASANTE EN YANAHUAYA - SANDIA - PUNO 2021"	<b>METODO DE COMPACTACIÓN</b>	ASTM D1557-91
<b>SOLICITADO</b> :	BACH. AMILCAR PASCUAL HUANCAPAZA LAURA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)</b>	2.158
<b>MUESTRA</b> :	MUESTRA NATURAL + 20% DE CENIZA CASCARA DE CAFE	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>	9.42%
<b>UBICACIÓN</b> :	SECTOR CABALLUNI- YANAHUAYA - SANDIA - PUNO	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b>	60.4
<b>CALICATA</b> :	C - 4 (E 478696 , N 8424989)	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	22.3
<b>FECHA</b> :	12 DE AGOSTO DEL 2021	<b>CLASIFICACIÓN :</b>	SC
		<b>AASHTO :</b>	A-2-4 (0)
		<b>EMBEBIDO :</b>	4 DIAS



**OBSERVACIONES:**

LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL TESTISTA.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FILIAL PUNO  
 BACH. LIC. LIZ PAOLA HILACQUE CASTILLO  
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL - PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL FILIAL PUNO  
 Mg. Ing. Herminio J. Martínez Ramos  
 COORDINACIÓN ACADÉMICA  
 C.P. 82708

**ANEXO 06: PANEL FOTOGRÁFICO**



