



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Influencia de la Papa fermentada en polvo, en las propiedades
física-mecánicas del suelo a nivel de la subrasante de Andas,
Yarumayo, Huánuco 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Asis Bravo, Jose Luis (ORCID: 0000-0002-8970-4922)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios, a mis familiares que están en el cielo, a mis padres Fausto Marcial Asis Zevallos, Bacilia Bravo Cristóbal, mis Hermanos Máximo, Juan, Anayeli y a mis tías Alicia, Karina, Hilda, Judith por su apoyo constante e incondicional para el desarrollo de mis objetivos logrando exitosamente todo lo proyectado en mi vida, Ustedes son el gran impulso para culminar con éxito este gran paso en mi vida.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con dedicación y mucho esfuerzo a lo largo del proceso de desarrollo de la investigación, muy agradecido en especial al Mg. Ing. Minaya Rosario, Carlos Danilo por sus aportes para la mejora de esta investigación y el apoyo constante, gracias a los docentes que fueron fundamentales en mi formación académica y personal. En general a todas las personas que contribuyeron de alguna manera para la realización de este trabajo de investigación.

Índice de contenidos

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURA	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
I. INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO	6
III.METODOLOGÍA	16
3.1. Tipo y diseño de Investigación	17
3.2. Variables y operacionalización	18
3.3. Población, muestra y muestreo	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Procedimientos	22
3.6. Método de Análisis de Datos.....	22
3.7. Aspectos Éticos	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	47
VI. CONCLUSIONES.....	51
VII. RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIA	57
ANEXO	62

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Resultado de valores del Ensayo de Proctor Modificado con Ceniza de Cascara de Arroz</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2. Calculo de Y1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del Optimo contenido de humedad % (OCH)</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 3. Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del Optimo contenido de humedad % (OCH)</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4. Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del Optimo contenido de humedad % (OCH)</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 5. Datos obtenidos de la interpolación Lineal del Optimo contenido de humedad % (OCH).....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 6. Calculo de Y1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal de la Máxima Densidad Seca g/m3 (MDS).....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 7. Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal de la Máxima Densidad Seca g/m3 (MDS).....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 8. Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal de la Máxima Densidad Seca g/m3 (MDS).....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 9. Datos obtenidos de la interpolación Lineal de la Máxima Densidad Seca g/m³ (MDS).....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 10. Resultado de los valores del Ensayo de Proctor Modificado con la adición de Papa fermentada en polvo</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 11. Resultados de Valores de CBR para la combinación de suelo y ceniza de caña de azúcar.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 12. Calculo de Y1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 95% (%).....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 13. Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 95% (%).....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 14. Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 95% (%).....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 15. Resultado de los valores del Ensayo del CBR al 95% con la adición de Papa fermentada en polvo</i>	<i>34</i>

<i>Tabla 16. Calculo de Y1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 100% (%).....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 17. Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 100% (%).....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 18. Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 100% (%).....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 19. Resultado de los valores del Ensayo del CBR al 95% con la adición de Papa fermentada en polvo</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 20. Resultado de los valores del Ensayo de CBR con la adición de Papa fermentada en polvo.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 21. Porcentaje de Absorción con la adición ceniza de cascara de arroz....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 22. Calculo de Y1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 1(%).....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 23. Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 1(%).....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 24. Calculo de Y2 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 1(%).....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 25. Resultado de los valores del Ensayo de Porcentaje de Absorción del Molde 1(%) con la adición de Papa fermentada en polvo</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 26. Calculo de Y1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 2(%).....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 27: Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 2(%).....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 28. Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 2(%).....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 29. Resultado de los valores del Ensayo de Porcentaje de Absorción del Molde 1(%) con la adición de Papa fermentada en polvo</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 30. Calculo de Y1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 3(%).....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 31. Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 3(%).....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 32. Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 3(%).....</i>	<i>44</i>

<i>Tabla 33. Resultado de los valores del Ensayo de Porcentaje de Absorción del Molde 1(%) con la adición de Papa fermentada en polvo</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 34. Resultado de los valores de los Porcentajes de Absorción con la adición de Papa fermentada en polvo</i>	<i>45</i>

Índice de gráficos y figura

<i>Figura 1. Ubicación geográfica de Andas.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2. Fallas en la carretera de Andas</i>	<i>3</i>
<i>Figura 3. Papa fermentada.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4. Cuadro 4.1 Número de calicatas para exploración de suelos</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5. Cuadro 4.2 Número de Ensayos MR y CBR</i>	<i>20</i>
<i>Figura 6. Mapa Político del Perú</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Mapa Distrital de Huánuco</i>	<i>24</i>
<i>Figura 8. Ubicación de la zona de estudio</i>	<i>25</i>
<i>Figura 9. Grafico del Contenido de humedad % (OCH)</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10. Grafico de la Máxima Densidad Seca g/m3 (MDS).....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 11. Grafico del Óptimo Contenido de Humedad vs. Máxima Densidad Seca</i>	<i>32</i>
<i>Figura 12. Grafico del CBR al 95%</i>	<i>35</i>
<i>Figura 13. Grafico del CBR al 100%</i>	<i>37</i>
<i>Figura 14. Grafico de variación del CBR al 95% y 100%</i>	<i>38</i>
<i>Figura 15. Gráfico del Porcentaje de absorción del Molde 1(%) con la adición de papa fermentada en polvo.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 16. Gráfico del Porcentaje de absorción del Molde 2(%) con la adición de papa fermentada en polvo.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 17. Gráfico del Porcentaje de absorción del Molde 1(%) con la adición de papa fermentada en polvo.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 18. Gráfico de la Variación del % de Absorción</i>	<i>46</i>

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como principal objetivo dar a conocer la influencia de la Papa fermentada en polvo, en las propiedades física-mecánicas del suelo a nivel de la subrasante teniendo en cuenta que es un material innovador que no es muy común ni aplicado por falta de estudios, por lo cual será utilizado como un estabilizante de suelos arcillosos, ya que es un material que abunda en la zona, de ese modo podemos reducir costos y disminuir la contaminación del medio ambiente.

La metodología de investigación fue de tipo aplicada, experimental de enfoque cuantitativo, por lo tanto se analizó las comparaciones de los datos que fueron obtenidos de las comparaciones de dos tesis de referencia.

La población utilizada fue todas las papas de la zona, donde la muestra fueron 3 calicatas, donde se desarrollaron los ensayos de Proctor Modificado y CBR, con adición de la papa fermentada en polvo en el terreno natural, con los porcentajes de 14.5%, 17,5% y 19.5%. Por lo tanto se concluyó que la adición más óptima es del 19.5% de papa fomentada en polvo debido a que reduce el contenido de humedad, el porcentaje de absorción e incrementa la resistencia del suelo a nivel de la subrasante haciéndolo de un suelo insuficiente a bueno.

Palabras clave: Papa fermentada, Propiedades físicas y mecánicas.

Abstract

The main objective of the present research work was to show the influence of the fermented potato in powder, on the physical-mechanical properties of the soil at the subgrade level, taking into account that it is an innovative material that is not very common or applied by lack of studies, for which it will be used as a stabilizer for clay soils, since it is a material that is abundant in the area, in this way we can reduce costs and reduce environmental pollution.

The research methodology was applied, experimental with a quantitative approach, therefore the comparisons of the data that were obtained from the comparisons of two reference theses were analyzed.

The population used was all the potatoes in the area, where the sample was 3 pits, where the Modified Proctor and CBR tests were carried out, with the addition of the fermented potato powder in the natural soil, with the percentages of 14.5%, 17, 5% and 19.5%. Therefore, it was concluded that the most optimal addition is 19.5% of fostered potato in powder because it reduces the moisture content, the absorption percentage and increases the resistance of the soil at the subgrade level, making it insufficient to good soil.

Keywords: Fermented potato, Physical and mechanical properties.

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito internacional, las carreteras desempeñan un valor fundamental en el crecimiento social y económico de un país, la cual se encuentra firmemente enlazado a las obras de infraestructura vial, porque valiéndose de ello se asegura el intercambio de productos, insumos y mercancía. Además de ello garantiza el traslado de las personas cubriendo las necesidades que requiere la población. Por lo tanto, es fundamental que la obra vial sea duradera ante las cargas de los vehículos, resistente y capaz de soportar las precipitaciones; a pesar de ello la mayoría de las obras viales no se encuentran en buen estado a nivel mundial, una gran parte tienen problemas con el suelo a nivel de la subrasante producidos por el elevado contenido de humedad por las precipitaciones, asentamientos y suelos expansivos, motivo por lo cual los países como Nigeria, Ecuador y Colombia han realizado métodos para poder solucionar estos problemas agregando ceniza de la cascara de coco, ceniza de cascara arroz y ceniza de carbón con variados porcentajes. Con el fin de mejorar las propiedades mecánicas del suelo a nivel de la subrasante, aumentando su resistencia.

El desarrollo socioeconómico del Perú está ligado a una serie de actividades y una de ellas son las obras de infraestructura vial. Debido a la necesidad de las personas para movilizarse de un lugar a otro y poder tener la facilidad de trasladar sus productos, materiales, mercaderías, etc., razón que se realizaron obras tales como caminos, autopistas, carreteras afirmadas las que se ejecutan mayormente en provincias hasta grandes proyectos de vías terrestres.

A nivel nacional existen una gran variedad de suelos tales como arenosos y arcillosos que son considerados inadecuados para el uso en la construcción. Por consiguiente, en las provincias de Trujillo, Chachapoyas, Cajamarca, Jaén, etc. se encuentran infinidad de carreteras que no cuentan con las condiciones necesarias para la transitabilidad de vehículos, ya que estas cuentan con deterioros, fisuras, asentamientos, etc. En consecuencia, de las lluvias masivas y las altas temperaturas que se producen en las provincias del país, que se generan durante meses de manera periódica. Por lo cual, en los últimos años se han estado planteando nuevas alternativas de solución para estabilizar el suelo a nivel de la subrasante utilizando materiales orgánicos como ceniza cascara ceniza de arroz,

ceniza cascara de café, ceniza vegetal, etc., mejorando las propiedades mecánicas del suelo, aportando a que disminuya la contaminación ambiental y al usar materiales que son desechados por las industrias reducimos costos.

A nivel local la provincia de Huánuco se encuentra localizada en el centro oriental del Perú, entre la Cordillera Occidental y la cuenca del río Pachitea, la cuenca contiene una superficie de 36 848.85 km², la cual representa un 2.9% de territorio nacional. Se tomó como zona de estudio las vías del centro poblado de Andas Chico, distrito de Yarumayo, provincia de Huánuco, que cuentan con un tipo de suelo variado que consta de arcilloso y arenoso. Las cuales presentan precipitaciones que originan que los suelos sufran daños como asentamientos, que vienen perjudicando constantemente a las vías de acceso a diferentes partes de la región, por lo que generan pérdidas económicas, lo que perjudica a los pobladores. Viendo el estado de las vías del pueblo de Andas y reconociendo los problemas existentes, se ha innovado en aplicar una alternativa de solución que es un material que abunda en la zona, que es adicionar la papa fermentada procesada de manera tradicional en polvo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo a nivel de la subrasante, reduciendo notablemente los desplazamientos y asentamientos. Con el fin de generar un aporte al pueblo y cuando se llegue el MTC encuentre el suelo a nivel de la subrasante apto con una capacidad portante buena, de ese modo reducir el espesor de la base y subbase de una futura pavimentación, lo cual genera una reducción de costos.

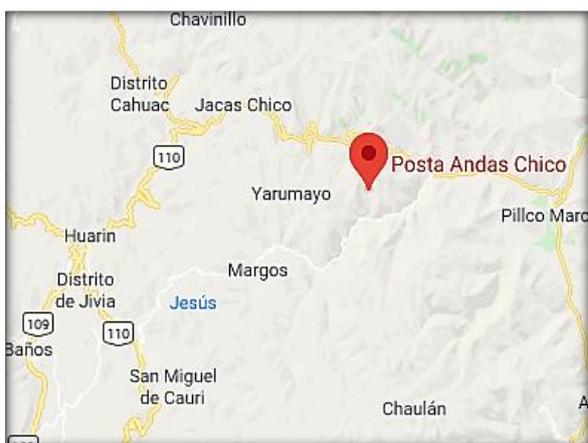


Figura 2: Ubicación geográfica de Andas
Fuente: Google Maps



Figura 1: Fallas en la carretera de Andas
Fuente: Elaboracion propia

Formulación del problema

Teniendo en cuenta la realidad problemática que muestra el centro poblado de Andas Chico, distrito de Yarumayo, provincia de Huánuco. Las cuales presentan constantes precipitaciones que originan que los suelos sufran daños como asentamientos, que vienen perjudicando constantemente a las vías de acceso a diferentes partes de los pueblos cercanos, por lo tanto, se adicionara la papa fermentada procesada de manera tradicional en polvo para mejorar las propiedades mecánicas.

Problema general

¿Cuánto Influye la Papa fermentada en polvo, en las propiedades físicas - mecánicas del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020?

Problemas específicos

- ❖ ¿Cuánto influye la Papa fermentada en polvo, en la propiedad física al reducir el contenido de humedad del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020?
- ❖ ¿Cuánto influye la Papa fermentada en polvo, en la propiedad física al reducir el porcentaje de absorción del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020?
- ❖ ¿Cuánto influye la Papa fermentada en polvo, en la propiedad mecánica al incrementar la resistencia del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020?

Justificación

Este informe de investigación busca brindar soluciones para los actuales problemas de asentamiento, debido a las constantes precipitaciones que afecta a las vías del centro poblado de Andas, distrito de Yarumayo, Huánuco ,la cual busca mejorar las propiedades mecánicas del suelo a nivel de la subrasante con la adición de papa fermentada en polvo, de manera que se obtengan resultados eficientes al suelo estudiado, repartiendo la carga uniforme en la superficie, generando disipar las tensiones y por consiguiente el terreno tendera a reducir el problema de los asentamientos. Además, se determinó problemas que se están suscitando en la naturaleza por la contaminación, a partir de ello aprovechar los recursos orgánicos que abundan en la provincia y utilizarlo como material estabilizante. Así mismo los

productores de la papa fermentada desechan un porcentaje de este material, la cual se utilizó para mejorar el suelo a nivel de la subrasante del centro poblado de Andas y con ello contribuir con el medio ambiente, además de ello nos generó una reducción de costo debido a que es un material que abunda en gran cantidad en la zona.

Objetivo general

Evaluar la Influencia de la Papa fermentada en polvo, en las propiedades física-mecánicas del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.

Objetivos específicos

- ❖ Evaluar la influencia de la Papa fermentada en polvo, en la propiedad física al reducir del contenido de humedad del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.
- ❖ Evaluar la influencia de la Papa fermentada en polvo, en la propiedad física al reducir el porcentaje de absorción del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.
- ❖ Evaluar la influencia de la Papa fermentada en polvo, en la propiedad mecánica al incrementar la resistencia del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.

Hipótesis general

La influencia de la Papa fermentada en polvo, influye en la mejora de las propiedades física-mecánicas del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.

Hipótesis específicas

- ❖ La influencia de la Papa fermentada en polvo, influye en la propiedad física al reducir del contenido de humedad del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.
- ❖ La influencia de la Papa fermentada en polvo, influye en la propiedad física al reducir el porcentaje de absorción del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.
- ❖ La influencia de la Papa fermentada en polvo, influye en la propiedad mecánica al incrementar la resistencia del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Terrones, A (2018), en su tesis para optar el título de ingeniero civil titulada ***“Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo”***, de la Universidad Privada Del Norte, Trujillo. Tuvo como **objetivo** general determinar la influencia al agregar ceniza de bagazo de caña de azúcar, para la estabilización de suelos arcillosos. **Fue un estudio de tipo** experimental pura porque analizara el control y la validez de las variables. Se tomó como **muestra** prospectar 9 calicatas, de las cuales se estudió 3 calicatas en el Km 0+011, Km 1+524 y Km 3+529. Los **instrumentos** realizados fueron ensayos de Proctor Modificado, Compresión simple no confinada y California Bearing Ratio (CBR), las que se adicionara un porcentaje de 0%, 5%, 10% y 15% de CBCA. En el ensayo de compresión simple no confinada se obtuvo como **resultado** que al adicionar 5 ,10 y 15% obtuvo una resistencia promedio de 33.73 kPa, 79.01 kPa y 150.89 kPa, se **concluyó** que la adición del 15% CBCA incrementa el CBR en promedio de 22.267% que es considerado muy buena. Por lo tanto, la adición de CBCA es una alternativa económica y sustentable, además reduce la contaminación, por lo que se determinó que mejora las propiedades mecánicas del suelo a nivel de la sobrante.¹

Cajaleon, O y Mondragón, D (2018), en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada ***“Estabilización de suelos arcillosos agregando cenizas de cáscaras de arroz para la subrasante en el km+ 17 Pimpingos, Choros 2018”*** de la Universidad Cesar Vallejo. Tuvo como **objetivo** general determinar la aplicación de cenizas de cáscaras de arroz influye en la estabilización los suelos arcillosos en la subrasante del km+ 17 Pimpingos. Fue un **estudio** de tipo experimental porque se realizarán ensayos para obtención de resultados, la **población** consta de 37 km, donde se obtuvo como **muestra** una calicata en el Km +17. Los **instrumentos** empleados fueron ensayos de límite de Atterberg, Proctor modificado y CBR, lo cual se adiciono CCA en un porcentaje de 10 % a 15%. El **resultado** obtenido fue que el CBR con 10 % y 15% mejora su resistencia de 8.5% y 10.3 % de CBR con una lectura de 95 % de CBR para subrasante. Se **concluyó** que la adición de 15% de CCA presento un alto valor de 10.3 % del CBR, clasificándolo como un suelo apto a nivel de la subrasante. ²

Vílchez, A. (2019), en su tesis para optar el título de ingeniero civil titulada ***“Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019”***, de la Universidad Cesar Vallejo. Tuvo como **objetivo** comprobar la utilidad y la eficiencia de la ceniza de cascara de arroz un material que mejora el suelo. Se aplicó el **diseño** aplicada-experimental. La **muestra** tomada fue la prospección de una calicata en el Km 6+300. Los **instrumentos** realizados fueron ensayo Proctor Modificado y CBR. Los **resultados** obtenidos del ensayo de porcentaje de absorción con la adición de ceniza de cascara de arroz de 3%, 5% y 10%, nos presentó una reducción de porcentaje de absorción en el molde 1 de 3.9% a 3.6%, 3.2% y 2.3%, con el molde 2 de 4.6% a 4.2%, 3.6% y 2.7%, con el molde 3 de 5.3% a 4.7%, 4.1% y 3.1%. Por lo tanto se concluyó que la adición más óptima es de 10% de CCA, porque se obtiene una mayor reducción del porcentaje de absorción en el molde 1, 2 y 3, la cual genera una menor infiltración de agua.³

Caamaño, I (2016), en su tesis titulada ***“Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente”***, de la Universidad Militar nueva de Granada, Bogotá - Colombia, tuvo como **objetivo** mejorar las propiedades mecánica y físicas del suelo blando de subrasante agregando ceniza de cascarilla de arroz. Fue un **estudio de tipo** experimental. **La muestra** fue realizada entre Pasco y Genoy, entre las abscisas K3+000 al K3+500. Los **instrumentos** fueron ensayos de Proctor modificado, límite de Atterberg, módulo de resiliente, agregando un porcentaje de CCA en SR 0%, SR 2%, SR 4%, SR 6%. Los **resultados** fueron que la resistencia incremento en 116% con la adición SR 4% de CCA, con respecto al material natural sin CCA, y en la variación del MR con el SR 2% , correspondió a un aumento del 17,8%. Por otro parte, entre el SR 2% y el SR 4%, se obtuvo una mejora del 21,7%; y para el SR 6%, se presencié una reducción en un 3,9%. Se **concluyó** que el porcentaje más óptimo de agregado de CCA es el SR 4 %, la cual se obtuvo un mayor aporte debido a que mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo a nivel de la subrasante.⁴

Buitrón, S y Enríquez, A (2018), en su proyecto previo a la obtención del título de ingeniería civil titulada: ***“Estudio de la estabilización de arcillas expansivas de Manabí con ceniza del volcán Tungurahua”***, de La Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador. Tuvo como **objetivo** estabilizar arcillas expansivas con la adición de ceniza del volcán Tungurahua para mejorar las propiedades mecánicas. Fue un **estudio** técnico experimental porque se agregarán diferentes porcentajes de ceniza volcánica para realizar los ensayos. Las **muestras** extraídas fueron 7 calicatas de las cuales se realizó el estudio de 3 ellas. Los **instrumentos** realizados fueron ensayos de contenido de humedad, permeabilidad, corte directo y consolidación, las que fueron analizadas con la adición en de ceniza de volcán en porcentajes de 10, 20 y 30%. Se obtuvo como **resultado** en la resistencia corte directo, el ángulo de fricción interno con la adición del 20% de ceniza se demostró un incremento del porcentaje del 31, 150 y 125% respectivamente. Se llegó a la **conclusión** que la adición de ceniza del volcán más óptima es de 20% para los suelos arcillosos expansivos C3, C4 y C5, porque nos brinda un mejor desempeño y a su vez mejora las propiedades mecánicas, así mismo favorece en forma directa a la reducción del asentamiento.⁵

Cañar, E (2017), en su trabajo experimental previo a la obtención del título de ingeniero civil titulada ***“Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”***, de la Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador. Tuvo como **objetivo** evaluar los resultados de la resistencia de los suelos arenosos finos y arcillosos analizando las propiedades físicas y mecánicas. Fue un **estudio de tipo** experimental de nivel exploratorio, descriptivo, explicativo. Las **muestras** fueron extraídas de la ciudad de Santa Rosa y de la ciudad Puyo con coordenadas UTM 17 S- 760086; 9858374 y UTM 17 S- 831168; 9834161. Los **instrumentos** fueron ensayos de límites de Atterberg, Próctor Modificado y CBR. Se obtuvo como **resultado** que la resistencia del suelo CH al adicionar ceniza de carbón en 20%, 23% y 25% obtuvo un incremento de 0.60%,0.8% y 1.60% y del suelo arenoso fino un incremento de 3.1%, 3.4% y 4%. Se **concluyó** que la ceniza de carbón al aplicar una adición mayor del 25% mejora las propiedades físicas y mecánicas, porque reduce la humedad y genera un incremento en la resistencia del suelo.⁶

Espinoza y Velásquez (2018), en su investigación titulada *“Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Ceniza De Caña De Azúcar En El Tramo De Pinar-Marian, Distrito De Independencia 2018”*, de la Universidad César Vallejo. Sostuvo como **objetivo** evaluar la capacidad portante del suelo arcilloso aplicado en subrasante al agregar ceniza de caña de azúcar en los porcentajes de 10%,20% y30%. Fue un **estudio de tipo** aplicada de enfoque experimental. La **muestra** encuentra ubicada en el distrito de Independencia, el cual tiene una extensión de 1.149 Km de longitud con un área total de 5,745 m². Los **instrumentos** fueron ensayos de Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR. Se obtuvo como **resultado** que el CBR al 95% con la adición de 10%, 20% y 30% de CCAZ aumento 4.81% a 11.56%, 15.18% y 10.42%. Se **concluyó** que con la adición de 20% de ceniza mejora en el comportamiento del CBR con un 15.18%, convirtiéndose un suelo a nivel de la subrasante buena de tal manera este apto para la construcción.⁷

Díaz, F (2018), en su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada *“Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018”*, de la universidad Cesar Vallejo. Tuvo como **objetivo** evaluar la influencia de la adición de ceniza de cascara de arroz en la resistencia mecánica de la subrasante. Fue un **estudio** de tipo experimental aplicada de método descriptivo-explicativo. La **muestra** son la extracción de 2 calicatas con coordenadas son 0798543E; 9356153N y 0798318E; 9354625N, los **instrumentos** empleados fueron ensayos de Granulométrica, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR, agregando un porcentaje de ceniza cascara de arroz al 10, 15,20 y 25%. Se obtuvo como **resultado** en el Proctor Modificado se obtuvo que el óptimo contenido de humedad reduce de 11.2% a 8.1 % y aumenta la densidad máxima seca de 1,85 g/cm³ a 1,88 g/cm³ con la adición de 20% CCA. Por otro lado, el CBR al 95% y 100% con el porcentaje de 20 %CCA va incrementando su resistencia a %,11.3 % y 14.8. Se **concluyó** que al adicionar el 20% de CCA, reduce el contenido de humedad, aumenta notablemente la resistencia del suelo, por lo tanto es el porcentaje más óptima, porque es más trabajable, económica y razonable para usar a nivel de la subrasante puesto que cumple con la NTP y MTC.⁸

Apolinares, A (2018), en su tesis para optar el título de ingeniero civil titulada **“Estabilización de la subrasante con la incorporación de ceniza vegetal, Jauja”**, de la Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Tuvo como **objetivo** determinar los efectos en la estabilización de la subrasante al incorporar ceniza vegetal para la Av. Huarancayo, Jauja. El **método** de investigación es científica, tipo aplicada, nivel explicativo y de diseño experimental. Las **muestras** extraídas fueron 2 calicatas con coordenadas C1) N8698062.503, E446470.099, altitud 3388.72 y C2) N8698128.807, E446617.645, altitud 3386.90 en la Av. Huarancayo cuadra 6 al 11. Los **instrumentos** fueron ensayos de límites de consistencia, Proctor modificado y CBR. Las que fueron analizadas al agregar ceniza vegetal en porcentajes de 15%, 25% y 35%. Los **resultados** obtenidos del ensayo de Proctor modificado al adicionar ceniza vegetal en 15% 25% y 35%, la cual presento una reducción del contenido de humedad de 14.5% a 12.02%, 12.71% y 13.1%. Se **concluyó** que la adición más óptima de ceniza vegetal es de 15% por que se obtuvo la reducción más representativa de 14.5% a 12.02%, por lo tanto esta adición mejora la propiedad física del suelo a nivel de la subrasante.⁹

Durotoye, Mysuru, Ogboye and Bamigboye (2016), in their scientific article in Civil Engineering entitled **"Effect of common salt on the engineering properties of expansive soil"**, Covenant University, Ota, Ogun state, Nigeria. Its **objective** was to evaluate the effect of common salt on the geotechnical properties of an expansive soil. It was an experimental **study**, the **instruments** were Atterberg limit tests, compaction, free swelling index, unconfined compressive strength, California support index soaked and not soaked, in which sodium chloride was added in percentages of (0, 0.5, 1, 1.5, 2 and 2.5%). El presente artículo tuvo como investigación el efecto que produce el cloruro de sodio para mejorar las propiedades de un suelo expansivo a nivel de subrasante. Fue un estudio experimental donde se agregaron NaCl de (0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5%) para ser evaluado, al realizar los ensayos se obtuvo que redujo el potencial de hinchamiento del suelo de alto a moderado (81.00 a 23.28%) al adicionar 1.5% de NaCl, además el CBR aumento en 98% de 18.31 kN/m². Se concluyó que el NaCl mejorar la resistencia del suelo reduciendo el potencial de hinchamiento.¹⁰

Dauda, Akinmusuru, Oluwaseun, Durotoye and Ogundipe (2018), in their scientific article in Civil Engineering entitled "***Geotechnical properties of lateritic soil stabilized with periwinkle shell dust***", Covenant University, Ota Ogun State, Nigeria. The **goal** is to use environmentally friendly materials such as periwinkle shell powder and ordinary Portland cement to improve the properties of lateritic soil. It was an **experimental** study because samples were taken for analysis in a laboratory. The **instruments** were the Atterberg limit tests, Compaction, CBR, to which was added a percentage of periwinkles and layers of ordinary Portland cement of (2, 4, 6, 8 and 10%). El presente artículo tuvo como investigación utilizar el polvo de concha de bígaro en comparación al cemento Portland para mejorar las propiedades del suelo lateríticos. Los principales resultados mostraron que la concha de bígaro registró un incremento del 5.6% del valor de CBR a comparación del cemento que registró un incremento del 34% del valor de CBR. Se concluyó que la adición de polvo de bígaro genera un mejor resultado que el cemento, lo cual se considera como un buen estabilizador para suelos arcillosos o lateríticos, además al ser comercial reduce costos y genera menos contaminación ambiental.¹¹

Oluremi, Osuolale, Adeoye and Akingbade (2016), in their scientific article in Civil Engineering entitled "***Development of resistance in lateritic soils stabilized with coconut shell for the construction of road pavements***", from the Ladoke Akintola Technological University, Ogbomoso - Nigeria. He **aimed** to add coconut shell ash to stabilize the lateritic soil. It was an experimental **study** because soil samples were analyzed and taken to a laboratory. The **instruments** were tests of plastic limit, liquid limit, California support ratio and resistance to unconfined compression, to which ash was added in percentages of (0, 3, 6, 9 and 12%). El presente artículo tuvo como investigación utilizar la ceniza de cáscara de coco para estabilizar el suelo laterítico. Fue un estudio de tipo experimental, que al realizar los ensayos se determinó que el CBR se reduce con la adición de ceniza de cascara de coco para los esfuerzos comparativos del WAS tiene un valor de 9.27% con el 12% CCC, mientras que BSL tiene un valor de 5.65% y 7.57%, donde se concluyó que la ceniza de cáscara de coco no puede estabilizar totalmente el suelo laterítico como una mezcla independiente, por lo cual debe utilizarse en combinación con otros estabilizadores para mejorar las propiedades mecánicas del suelo laterítico.¹²

2.1. Teorías Relacionadas

Suelos: El suelo representa diferentes tipos de materiales que están constituido por partículas orgánicas e inorgánicas, además de material terroso, material de desperdicio, areniscas o lutitas.¹³

Suelo de investigación: Esto se determina según sus características físicas o químicas, que van de acuerdo al origen del material.

- **Arcilla:** Son partículas consistentes con un diámetro menor de 0.005mm, cuyo material al ser adicionado con agua se vuelve una masa de propiedad plástica. Esta constituido químicamente por silicatos de alúmina, pero también contiene elementos de silicato de hierro o magnesio, la estructuración se define de cristalino de compuestos laminares, las cuales pueden ser de tipo sillico o aluminio.¹⁴

Subrasante: Es un espacio culminado de la carretera donde se realizan movimientos de tierra de corte y terraplén, en las cuales se asientan las capas que componen la estructura del pavimento o afirmado, de tal manera que los suelos deben estar compactados y con un índice de serviciabilidad buena, de ese modo no se produzcan fallas debido a la carga que genera el tránsito.¹⁵

Estabilización de suelos: Mejoramiento del suelo o también llamado estabilización de los suelos, consiste en mejorar las propiedades mecánicas y físicas con la adición de productos naturales, sintéticos o químicos. Generalmente estas estabilizaciones se realizan en los suelos a nivel de la subrasante pobres o inadecuados. Por lo cual existen diferentes técnicas para estabilizar desde el intercambio suelo de la subrasante con material de cantera, estabilización mecánica del suelo, combinación de suelos adicionando cal, cloruro de magnesio, cemento, emulsión asfáltica, escorias, polímero u otros. Asimismo, utilizando geosintéticos.¹⁶

Ensayos físicos y mecánicos

- **Contenido de humedad:** El ensayo tiene como relación determinar el porcentaje que existe entre el peso del agua y el peso del suelo seco. Por lo tanto, se empieza por calcular el peso húmedo antes de ser llevarlo a un horno y secarlo a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Luego se obtiene un nuevo peso el cual será llamado peso seco del suelo, el cual fue obtenido al ser llevada a un horno y la diferencia del peso es llamado peso del agua. La fórmula para calcular la humedad se calcula

de la siguiente manera. Contenido de humedad (%) = (peso de agua / peso de suelo seco al horno) x100.¹⁷

- **Absorción:** El ensayo consiste que la muestra sea sumergida por 24 horas. Posteriormente transcurrido el tiempo se remueve el material del agua, luego se procede a secar la superficie y determinar la masa. Se agrega una parte de la muestra a un recipiente graduado, para luego ser llevada al horno, y cuya muestra sea de nuevo determinada. Finalmente, con los datos obtenidos de la masa y el volumen se calcula el porcentaje de absorción, densidad y densidad relativa o gravedad específica.¹⁸

- **Resistencia :** El ensayo tiene un procedimiento determinado con un índice de resistencia de suelos nombrado valor de relación de soporte o también conocido, como CBR, y cuyo ensayo normalmente se realiza encima del suelo elaborado en un laboratorio con un estado definido de humedad y densidad, asimismo puede realizarse de manera similar encima de la muestra inalterada recolectada de un terreno.¹⁹

- **Proctor Modificado:** El ensayo de Proctor modificada se realiza utilizando un mismo molde que tiene un volumen de 943.3 cm³, de la misma proporción que el ensayo de Proctor estándar. Por lo tanto, el suelo debe ser compactado con 5 capas con un martillo que tiene un peso de 44.5 N, con una caída de 457.2mm. La cantidad de golpes que se dan por el martillo para cada una de las capas se debe mantener en 25 golpes. Por lo cual, el ensayo se utiliza para poder determinar la relación del contenido de humedad y el peso unitario seco con un volumen de un material determinado, en la cual se define la densidad máxima seca de un material húmeda, con el fin de obtener el punto de compactación máxima.²⁰

- **CBR (ensayo de Relación de Soporte de California) :** “Este ensayo se debe realizar sobre suelo saturado para simular las situaciones más críticas. Por este motivo los especímenes en el laboratorio se sumergen en agua durante 4 días, con una carga aplicada sobre la superficie de dichos especímenes, [...]”. El CBR mide de manera indirecta en el suelo una resistencia al corte (penetración) y/o rigidez [...]” [21]. Indica que el ensayo de CBR calcula el esfuerzo cortante del suelo para poder estimar la cualidad del suelo a nivel de la subrasante, subbase y base del pavimento. La cual nos muestra el índice de penetración de un suelo saturado como representación más crítica, con el fin de establecer la resistencia del suelo, llamado

valor de relación de soporte, generalmente al realizar el diseño del pavimento es necesario realizar como mínimo 5 ensayos de CBR.

- **La Papa en el Perú** : La papa es un producto sustentable y alimenticio ligado a las culturas más importantes en nuestra historia. En América latina el Perú se encuentra en el primer lugar como productor de papa, cuya producción se concentra en un 90 % en las regiones de Huánuco, Puno, Ayacucho y otros productores de menor producción.²²

- **La Papa Fermentada en polvo**: La papa fermentada o usualmente llamada tocosh, se elabora colocando la papa sobre pozos de ríos o puquiales cubierta de piedras o con pajas, en las que transcurre el agua durante 5 a 8 meses. Posteriormente al haber estado en esas condiciones por un tiempo determinado, la papa sufre un proceso de fermentación, el cual será extraído y sometido a un secado natural. Para luego ser triturado de manera de manera artesanal y obtener el producto en polvo.²⁴



Figura 3: Papa fermentada

Fuente: La papa: producción, transformación y comercialización

Características de la papa fermentada en polvo: La papa fermentada en polvo tiene muchos nutrientes como el hierro, también contiene vitamina D, C, B6, magnesio y potasio, las cuales componen sustancias beneficiosas como producto natural. Por lo tanto, al mezclarse con el suelo genere un incremento en su capacidad de soporte, con la finalidad de mejorar considerablemente la subrasante del suelo.²⁵

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

Método de investigación:

"El método científico fomenta un modo de procedimiento riguroso e impersonal dictado por las demandas de la lógica y el procedimiento objetivo. [...]"[26]. La presente investigación es de método científico, porque nos permite evaluar las hipótesis junto con los instrumentos a utilizar, para llegar a una conclusión y demostrar que las hipótesis que se plantearon generaron un cambio o mejora.

El tipo de investigación de acuerdo al enfoque:

La investigación es de enfoque cuantitativo, ya que "[...] implica la generación de datos en forma cuantitativa que puede ser sometida a un análisis riguroso de manera formal y rígida. Este enfoque puede clasificarse en enfoques de investigación inferenciales, experimentales y de simulación [...]" [27]. El enfoque de esta investigación es cuantitativo, porque se recolectara información de los resultados de los ensayos del suelo a nivel de la subrasante ya realizados en tesis, de las cuales obtendremos una base de datos, donde realizo una interpolación, para luego efectuar una comparación de los resultados cuantificables al agregar la papa fermentada en polvo, para poder medir las mejoras en las propiedades mecánicas al añadir dicho material.

El tipo de investigación de acuerdo al fin:

Aplicada – Retrospectivo (análisis documental) : Porque consiste en buscar soluciones a los problemas de manera inmediata modificando y contribuyendo con la mejora, por lo cual se basan en los estudios experimentales que serán analizadas sobre la realidad problemática.²⁸ Por lo tanto, el estudio del proyecto de investigación es aplicada - retrospectiva, porque se tomara teorías existentes como sustento, las cuales se realizaron los ensayos de laboratorio, para enfocarse en buscar soluciones a los problemas de asentamiento que se dan en el suelo a nivel de la subrasante.

El tipo de investigación de acuerdo al nivel:

Correlacional: Porque "Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población" [29]. Esta investigación es Correlacional porque busca

recolectar información que tengan relación entre las variables, con el fin de evaluar el estado actual del suelo a nivel de la subrasante, que se encuentra con fallas de asentamiento, debido al mal estado del terreno de fundación y por las constantes precipitaciones que se generan en la región.

El tipo de investigación de acuerdo al diseño:

Es cuasi-experimental, porque “manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, sólo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos” [30]. Esta investigación es de diseño cuasi-experimental, porque se manipulara la adición de la papa fermentada en polvo en porcentajes de 12, 18 y 24%, con la finalidad de hacer un análisis de la influencia de las propiedades físicas y mecánicas del suelo a nivel de la subrasante, además el tipo de terreno para el presente estudio fue determinado arcilloso, asimismo las adiciones elegidas fueron tomadas a base de diversos estudios de tesis que estaban entre 10 a 25%, las cuales tenían como objetivo mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo a nivel subrasante.

3.2. Variables y operacionalización

“La variable y operacionalización representan la parte operativa de las variables, la cual tiene como propósito aportar a la matriz de metodología, contribuyendo con el diseño y la elaboración de todo el instrumento que serán medidos de manera empírica. Por lo tanto, ayuda al investigador contrastar las hipótesis.”[31]. La operacionalización de las variables en el presente proyecto de investigación nos permitirá manipular las operaciones, las características para medir las dimensiones e indicadores observables, las cuales serán objeto de estudio mediante una medición y control en la investigación, plasmado en una matriz.

- **Variable independiente:** Papa fermentada en polvo.
- **Variable dependiente** : Propiedades físicas y mecánicas del suelo.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población está conformado por un conjunto de elementos (unidades de análisis), que están constituido por un ámbito general donde se llevara a cabo la investigación.³⁰ Se tomó como población todas la papas que se encentran en mal estado del centro Poblado andas.

Muestra

“Es un conjunto representativo de un universo o población. Es representativo, porque refleja fielmente las características de la población cuando se aplica la técnica adecuada [...]” [32]. El presente trabajo de investigación realizó las muestras con el fin de determinar la características físicas y mecánicas en la subrasante, la cual se ejecutará según el manual de carreteras – 2014, sección suelos y pavimentos, en la figura 4, indica que según el tipo de carretera que presenta nuestra zona de estudio es de bajo transito con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada, por lo cual el número mínimo de calicata es uno por km.

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	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	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	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	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.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Figura 4: Cuadro 4.1 Número de calicatas para exploración de suelos

Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

Además en la figura 5, nos indica que una carretera con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada, donde cada 3 kilómetros se realizara un CBR, a partir de ello se tomará como muestra todo los ensayos realizados para cada kilómetro del tramo del centro poblado Andas Chico – Manuel García que consta de 3 km, porque la zona presenta más fallas patológicas, por la cual se realizó 3 prospecciones (calicatas), donde se realizó 1 ensayo de Proctor modifica y CBR para cada un Kilómetro. Por lo tanto se realizara 6 ensayos en total.

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

Figura 5: Cuadro 4.2 Número de Ensayos MR y CBR

Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

Muestreo

“La teoría de muestreo es un estudio de las relaciones entre una población y muestras extraídas de la población. [...]” [33]. En la investigación el muestreo fue no probabilístico porque se establecerá una cantidad de ensayos determinados a la cantidad de muestras obtenidas.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas – Retrospectiva

"La técnica de desarrollar herramientas de medición implica un proceso [...] de desarrollo del concepto, lo que significa que el investigador debe llegar a comprender los conceptos principales relacionados con su estudio". [...] [34]. Esta investigación es de tipo documentaria, la técnica usada es la recolección de datos a base de información de investigaciones ya realizadas, las cuales tengan similitud a nuestra variable y a las dimensiones, donde se realizó la interpolación para el desarrollo de esta investigación.

3.4.2. Instrumento

Están conformado por los materiales empleados en la investigación, con el fin de recoger y recolectar toda la información, por lo tanto se deberá elegir correctamente los instrumentos, los cuales serán aplicados en la variable independiente o dependiente.³⁵ La investigación es de análisis documental, donde tuvo como instrumento la ficha de recolección de datos, donde se recaudó información más relevante, representativo y necesario, donde se procedió a realizar la interpolación y luego su respectiva interpretación para generar los resultados requeridos.

3.4.2.1. Fichas de observación de datos

Serán empleados con el fin de recolectar y poder registrar los datos obtenidos, que se obtendrán como resultado de la evaluación directa entre el observador calificado y la realidad que se muestra.³⁶ Se recopilara toda la información de tesis relacionados a nuestra investigación, donde se han realizado los ensayos de Proctor modificado y CBR, posteriormente se analizó todo los datos obtenidos para realizar la interpolación, con el fin de obtener resultados útiles.

3.4.3. Validez

"La validez es el criterio más crítico e indica el grado en que un instrumento mide lo que se supone que debe medir. [...]. En otras palabras, la validez es la medida en que las diferencias encontradas con un instrumento de medición reflejan diferencias reales entre los que están siendo probados". [37]. El presente trabajo de investigación es documental, el cual recaudo datos de tesis las cuales ya realizaron los ensayos en un laboratorio de mecánica de suelos reconocido, además de ello, cuentan con los certificados en regla y sus instrumentos calibrados, donde obtuvo resultados óptimos.

3.4.4. Confiabilidad

La confiabilidad es "[...] un instrumento de medición, es confiable si proporciona resultados consistentes, [...]" [38]. Se obtuvo un correcto resultado de la investigación documental, debido a que el tesista realizó los ensayos en un laboratorio que cuenta con la certificación de calibración activa.

3.5. Procedimientos

Para realizar la investigación documental se recaudó información de varias tesis nacionales, las cuales tengan similitud a nuestra variable dependiente e independiente como el tipo de suelo, clima, tipo de material natural, dosificación del material en polvo y el tipo de carretera que es trocha. Donde obtendremos los datos y realizaremos la interpolación, respetando los aportes del tesista que tomó los porcentajes de la adición del material de CCA en 10, 15, 20 y 25%, donde se tomó un promedio del porcentaje del tesista, las cuales son de 17, 19 y 24% con la adición de la papa fermentada en polvo, con la finalidad de obtener resultados propios del análisis que serán plasmados en tablas y gráficas.

3.6. Método de Análisis de Datos

El método de análisis de datos es "comprender las principales pruebas de los métodos estadísticos desarrollados, así como sus aplicaciones y cómo interpretar sus resultados" [39]. Esta investigación es de tipo documental, el método es la recolección de datos, donde recaudaremos resultados de los ensayos de Proctor Modificado y CBR ya realizados en otras investigaciones para realizar una interpolación y obtener nuestros propios resultados.

3.7. Aspectos Éticos

La investigación recaudó información de varias tesis (nacionales, locales e internacionales) y artículos como sustento, que se relacionan a la variable de estudio, además se recaudó información de libros de mecánica de suelos y metodología científica, donde obtendremos conocimientos que serán beneficiosos para poder realizar el desarrollo de la investigación. Asimismo, se investigó sobre los productos que se elaboran de la papa, como el tocosh o la papa fermentada, lo cual se utilizará como aditivo en polvo. También, se tomó como material de referencia el estilo de la Norma ISO 690:2010(E), donde nos indican de qué manera realizar los citados adecuadamente.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

Nombre de la tesis:

“Influencia de la Papa fermentada en polvo, en las propiedades física-mecánicas del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020”

Zona de estudio:

La zona de estudio que será beneficiado, es la vía principal del centro poblado de Andas Chico – Manuel García que consta de 3 km.

Ubicación Política:

La zona de estudio se ubicó en la región de Huánuco, Provincia de Huánuco, Distrito de los Yarumayo.



Figura 6: Mapa Político del Perú

Fuente: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/inv_cementerio.asp



Figura 7: Mapa Distrital de Huánuco

Fuente: https://www.familysearch.org/wiki/es/Hu%C3%A1nuco,_Hu%C3%A1nuco,_Per%C3%BA_-_Genealog%C3%ADa

Clima:

Yarumayo cuenta con un clima semiárido, es cálido o caluroso durante el año. La temperatura media en Yarumayo es 23°, la precipitación media anual es 16 mm y la humedad media es del 77%.

Ubicación Geográfica

Coordenadas: 9°56'35"S, 76°25'14"W

Latitud: 5.905 m.s.n.m

Altitud: 3058 m.s.n.m

En la figura 8, se muestra la ubicación de la zona, la cual se mejoró las propiedades físicas- mecánicas del suelo a nivel de la subsrante de las vías de Andas Chico - Manuel García que consta de 3 km de longitud.



Figura 8: Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google earth

Tema del Proyecto

Influencia de la Papa fermentada en polvo, en las propiedades física-mecánicas del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.

4.2 Trabajo De Obtención de Datos

“Mediante Decreto Supremo N° 008-2020-SA, se declaró la Emergencia Sanitaria a nivel nacional. Se dictaron medidas para la prevención y control, para evitar la propagación del COVID-19 [...]” [40], esta medida entro en vigencia el día lunes 16 de marzo de 2020, lo cual estaba prohibida el transporte público local, provincial e internacional. Por otro lado se suspendieron las clases presenciales en colegios, institutos y universidades. Por lo tanto, viendo la realidad del país y por proteger la integridad de mi persona como la de mi familia, se opta por tomar la decisión de realizar el Desarrollo del proyecto de investigación usando la técnica de Análisis Documental, donde se realizó la recolección de datos de investigaciones (tesis), donde se han realizado ensayos correspondientes, asimismo se encuentran registrados en el repositorio a nivel nacional e internacional de la carrera de Ingeniería Civil, de igual manera se recaudó información de Artículos científicos que sustentan esta investigación, las cuales se encuentran en la web.

Trabajo De Laboratorio

Las tablas y figuras son a base de datos de los ensayos Proctor modificado y CBR que se apreciaron a continuación, fueron obtenidas por medio de análisis documental a los ensayos practicados y presentes en las 2 tesis que se tomó como referencia. Además este estudio se elaboró con un material arcilloso.

Resultados comparativos de laboratorio encontrados de las respectivas tesis:

Tesis 1: “Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martin – Lonya Grande, Amazonas 2018”.

Autor: Díaz Vásquez, Fernando.

En la tabla 1, se muestran los porcentajes (10%, 15%, 20% y 25%) de Ceniza de Cascara de Arroz que utilizo el tesista como un aditivo estabilizante para mejorar sus propiedades físico-mecánicas del suelo; además se muestran los resultados obtenidos en laboratorio del Ensayo de Proctor Modificado (Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad).

Tabla 1: Resultado de valores del Ensayo de Proctor Modificado con Ceniza de Cascara de Arroz

Muestra	Proctor Modificado	
	Optimo contenido de humedad % (OCH)	Máxima Densidad Seca g/m ³ (MDS)
S100	11.2	1.85
S90 - CA10	9.4	1.85
S85 - CA15	8.6	1.86
S80 - CA20	8.1	1.88
S75 - CA25	9.6	1.86

Fuente: Díaz Vásquez, Fernando, 2018

Interpolación lineal

Es un proceso de estimación de valores entre los puntos conocidos y de análisis numérico. Por lo tanto la interpolación nos genera nuevos puntos basados en el conocimiento de un conjunto, donde usa la técnica de aproximaciones de funciones, para estimar valores intermedios generando una serie de datos.

Ensayo de Proctor modificado con el método de interpolación lineal

Calcular Óptimo contenido de humedad y la Máxima Densidad Seca con la adición de Papa fermentada en polvo con los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP del volumen del suelo, con el método de interpolación lineal.

Óptimo contenido de humedad % (OCH)

Cálculo de Y₁, Y₂ y Y₃, con la interpolación lineal del Óptimo contenido de humedad % (OCH), de los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP.

Tabla 2: Calculo de Y1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del Optimo contenido de humedad % (OCH)

Para S85.5 - PF14.5%	
10	9.4
14.5	Y ₁
15	8.6

Fuente: Elaboración propia

$$Y_1 = 9.4 + \frac{14.5 - 10}{15 - 10} * (8.6 - 9.4)$$

$$Y_1 = 8.68\%$$

Tabla 3: Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del Optimo contenido de humedad % (OCH)

Para S82.5 - PF17.5%	
15	8.6
17.5	Y ₂
20	8.1

Fuente: Elaboración propia

$$Y_2 = 8.6 + \frac{17.5 - 15}{20 - 15} * (8.1 - 8.6)$$

$$Y_2 = 8.35\%$$

Tabla 4: Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del Optimo contenido de humedad % (OCH)

Para S80.5 - PF19.5%	
15	8.6
19.5	Y ₃
20	8.1

Fuente: Elaboración propia

$$Y_3 = 8.6 + \frac{19.5 - 15}{20 - 15} * (8.1 - 8.6)$$

$$Y_3 = 8.15\%$$

Tabla 5: Datos obtenidos de la interpolación Lineal del Optimo contenido de humedad % (OCH)

Porcentaje de PFP	Optimo contenido de humedad % (OCH)
0%	11.2
PFP 14.5%	8.68
PFP 17.5%	8.35
PFP 19.5%	8.15

Fuente: Elaboración propia

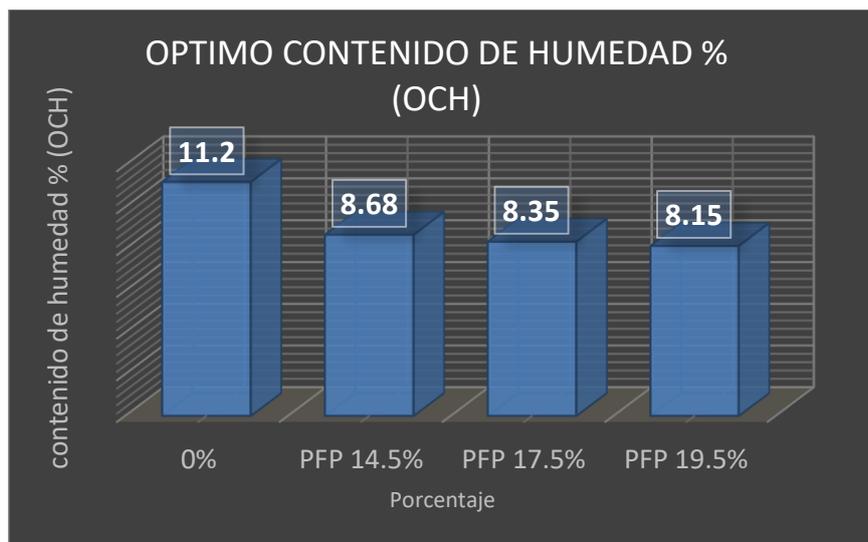


Figura 9: Grafico del Contenido de humedad % (OCH)

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 9, se observa que al adicionar los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de papa fermentada en polvo reduce el contenido de humedad de 11.2% a 8.68%, 8.35% y 8.15%. Se concluyó que la adición más óptima de PFP es de 19.5% por que obtuvo la mayor reduccion del contenido de humedad de un 11.2% a 8.15% lo que equivale una disminuci3n de 3.05%. Por lo tanto esta adici3n mejora la propiedad f3sica del suelo a nivel de la subrasante.

M3xima Densidad Seca g/m3 (MDS)

C3lculo de Y_1 , Y_2 y Y_3 , con la interpolaci3n lineal de la M3xima Densidad Seca g/m3 (MDS), de los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP.

Tabla 6: Calculo de Y_1 con el 14.5% PFP con la interpolaci3n lineal de la M3xima Densidad Seca g/m3 (MDS)

Para S85.5 - PF14.5%	
10	1.85
14.5	Y_1
15	1.86

Fuente: Elaboraci3n propia

$$Y_1 = 1.85 + \frac{14.5 - 10}{15 - 10} * (1.86 - 1.85)$$

$$Y_1 = 1.86 \text{ g/m}^3$$

Tabla 7: Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal de la Máxima Densidad Seca g/m3 (MDS)

Para S82.5 - PF17.5%	
15	1.86
17.5	Y ₂
20	1.88

Fuente: Elaboración propia

$$Y_2 = 1.86 + \frac{17.5 - 10}{20 - 10} * (1.88 - 1.86)$$

$$Y_2 = 1.87 \text{ g/m}^3$$

Tabla 8: Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal de la Máxima Densidad Seca g/m3 (MDS)

Para S80.5 - PF19.5%	
15	1.86
19.5	Y ₃
20	1.88

Fuente: Elaboración propia

$$Y_3 = 1.86 + \frac{19.5 - 10}{20 - 10} * (1.88 - 1.86)$$

$$Y_3 = 1.88 \text{ g/m}^3$$

Tabla 9: Datos obtenidos de la interpolación Lineal de la Máxima Densidad Seca g/m³ (MDS)

Porcentaje de PFP	Máxima Densidad Seca g/m ³ (MDS)
0%	1.85
PFP 14.5%	1.86
PFP 17.5%	1.87
PFP 19.5%	1.88

Fuente: Elaboración propia

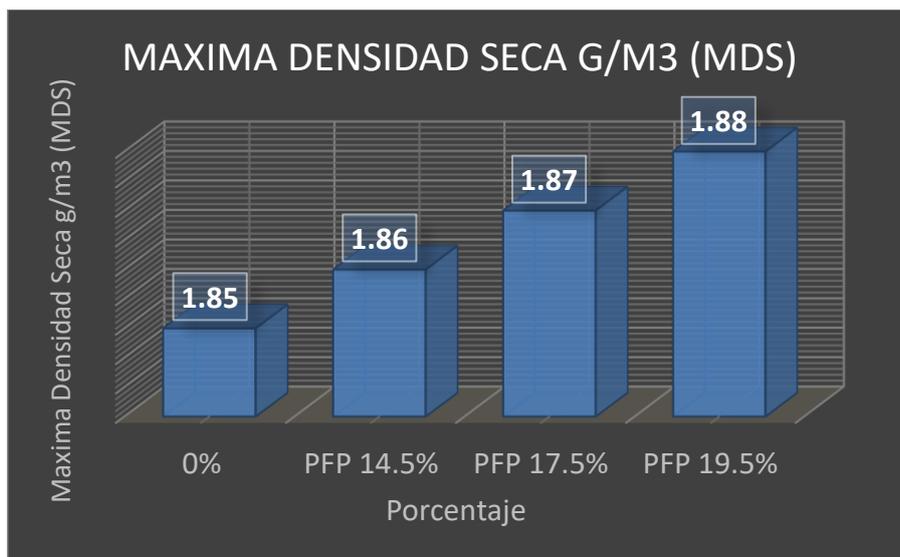


Figura 10: Grafico de la Máxima Densidad Seca g/m³ (MDS)

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 10, se observa que al adicionar los porcentajes de 14.5, 17.5 y 19.5 % de papa fermentada en polvo aumenta la densidad seca de 1.85 g/m³ a 1.86 g/m³, 1.87 g/m³ y 1.88 g/m³. Por lo tanto la adición más óptima de PFP es de 19.5% por que obtuvo un mayor incremento de la densidad seca de un 1.85 g/m³ a 1.88 g/m³, lo cual mejora la compactación y reducción de vacíos en el suelo a nivel de la subrasante.

Tabla 10: Resultado de los valores del Ensayo de Proctor Modificado con la adición de Papa fermentada en polvo

Porcentaje	Proctor Modificado	
	Optimo contenido de humedad % (OCH)	Máxima Densidad Seca g/m ³ (MDS)
0%	11.2	1.85
PFP 14.5%	8.68	1.86
PFP 17.5%	8.35	1.87
PFP 19.5%	8.15	1.88

Fuente: Elaboración propia

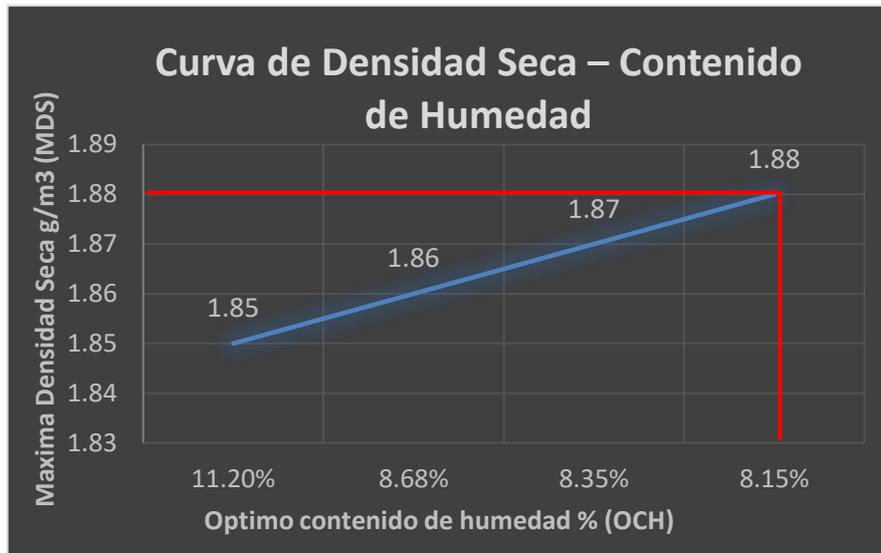


Figura 11: Gráfico del Óptimo Contenido de Humedad vs. Máxima Densidad Seca

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede observar en la figura 11, se está determinando la Máxima Densidad Seca mediante la aportación del contenido de humedad, donde la curva nos muestra el punto más representativo, la cual nos genera un aumento de la compactación, permitiendo alcanzar mayores pesos específicos secos de 1.85 g/m³ a 1.88 g/m³ con una humedad optima menor de 11.2% a 8.15%. Por lo tanto se llegó a la conclusión que la adición más óptima es de 19.5% de papa fermentada en polvo, porque mejora la compactación y reduce el contenido de humedad.

Tesis 2: “Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Ceniza De Caña De Azúcar En El Tramo De Pinar-Marian, Distrito De Independencia 2018”.

Autor: Espinoza Chuquino, Alexis Euler y Velásquez Pérez, Jhonatan Julián.

En la tabla 11, se muestran los porcentajes (10%, 20% y 30%) de Ceniza de Cascara de caña de azúcar que utilizo el tesista como un aditivo estabilizante para mejorar sus propiedades físico-mecánicas del suelo; además se muestran los resultados obtenidos en laboratorio del Ensayo de CBR (ensayo de Relación de Soporte de California).

Tabla 11: Resultados de Valores de CBR para la combinación de suelo y ceniza de caña de azúcar

Muestra	CBR 95%	CBR 100%
S100	4.81%	6.67%
S90 - CA10	11.56%	12.93%
S80 - CA20	15.18%	16.97%
S70 - CA30	10.42%	11.49%

Fuente: Espinoza Chuquino, Alexis Euler y Velásquez Pérez, Jhonatan Julián, 2018

Ensayo de CBR con el método de interpolación lineal

Calcular la capacidad portante con el CBR al 95% y al 100%, con la adición de Papa fermentada en polvo con los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP del volumen del suelo, con el método de interpolación lineal.

Ensayo de CBR al 95 %

Cálculo de Y_1 , Y_2 y Y_3 , con la interpolación lineal del CBR al 95%, de los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP.

Tabla 12: Calculo de Y_1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 95% (%)

Para S85.5 - PF14.5%	
10	11.56
14.5	Y_1
20	15.18

Fuente: Elaboración propia

$$Y_1 = 11.56 + \frac{14.5 - 10}{20 - 10} * (15.18 - 11.56)$$

$$Y_1 = 13.19 \%$$

Tabla 13: Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 95% (%)

Para S82.5 - PF17.5%	
10	11.56
17.5	Y ₂
20	15.18

Fuente: Elaboración propia.

$$Y_2 = 11.56 + \frac{17.5-10}{20-10} * (15.18 - 11.56) \quad \boxed{Y_2 = 14.28 \%}$$

Tabla 14: Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 95% (%)

Para S80.5 - PF19.5%	
10	11.56
19.5	Y ₂
20	15.18

Fuente: Elaboración propia

$$Y_2 = 11.56 + \frac{19.5-10}{20-10} * (15.18 - 11.56) \quad \boxed{Y_3 = 15.00 \%}$$

Tabla 15: Resultado de los valores del Ensayo del CBR al 95% con la adición de Papa fermentada en polvo

%	CBR 95%
0%	4.81%
PFP 14.5%	13.19%
PFP 17.5%	14.28%
PFP 19.5%	15.00%

Fuente: Elaboración propia

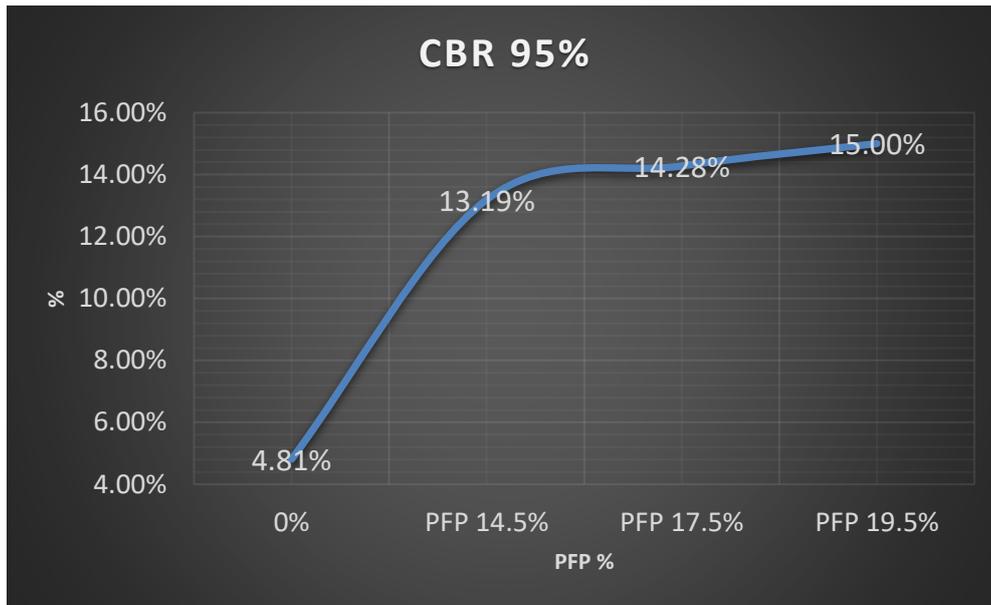


Figura 12: Grafico del CBR al 95%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 12, apreciamos que el valor de CBR al 95% va incrementándose con la adición de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP de 4.81% a 13.19%, 14.28% y 15.00. Por lo cual, se llegó a la conclusión que el valor óptimo para estas combinaciones es del 19.5% de papa fermentada en polvo, el que permite un incremento de 4.81% a 15.00%, es decir aumenta 3.12% veces su capacidad de soporte de resistencia.

Ensayo de CBR al 100 %

Cálculo de Y_1 , Y_2 y Y_3 , con la interpolación lineal del CBR al 100%, de los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP.

Tabla 16: Calculo de Y_1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 100% (%)

Para S85.5 - PF14.5%	
10	12.93
14.5	Y_1
20	16.97

Fuente: Elaboración propia

$$Y_1 = 12.93 + \frac{14.5-10}{20-10} * (16.97 - 12.93)$$

$$Y_1 = 14.75 \%$$

Tabla 17: Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 100% (%)

Para S82.5 - PF17.5%	
10	12.93
17.5	Y ₂
20	16.97

Fuente: Elaboración propia

$$Y_2 = 12.93 + \frac{17.5-10}{20-10} * (16.97 - 12.93)$$

$$Y_2 = 15.96 \%$$

Tabla 18: Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del CBR al 100% (%)

Para S80.5 - PF19.5%	
10	12.93
19.5	Y ₃
20	16.97

Fuente: Elaboración propia

$$Y_3 = 12.93 + \frac{19.5-10}{20-10} * (16.97 - 12.93)$$

$$Y_3 = 16.77 \%$$

Tabla 19: Resultado de los valores del Ensayo del CBR al 95% con la adición de Papa fermentada en polvo

%	CBR 100%
0%	9.7%
PFP 14.5%	12.96%
PFP 17.5%	14.20%
PFP 19.5%	15.00%

Fuente: Elaboración propia.

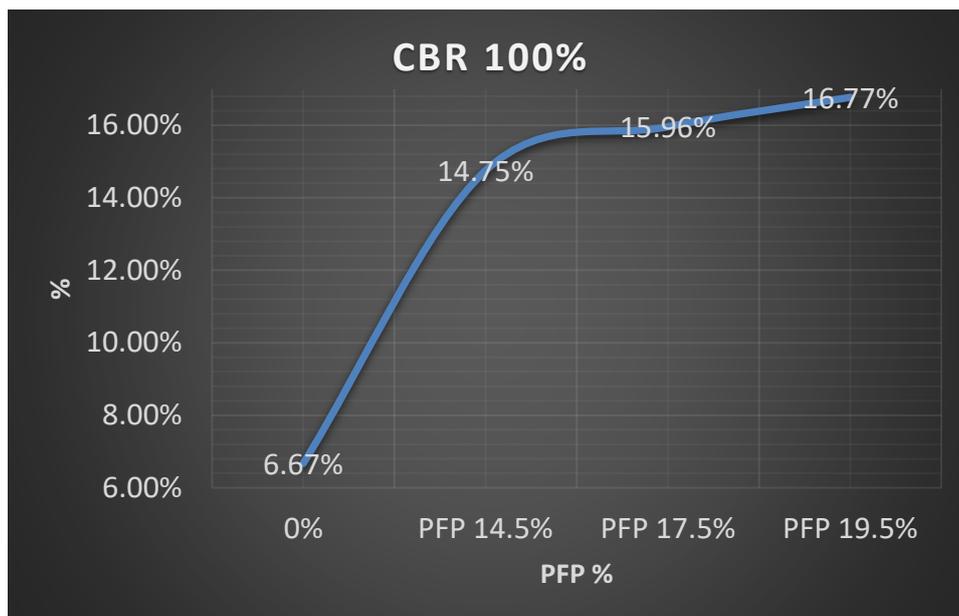


Figura 13: Grafico del CBR al 100%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 13, apreciamos que el valor de CBR al 95% va incrementándose con la adición de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP de 6.67% a 14.75%, 15.96% y 16.77%. Por lo tanto, se concluyó que el valor óptimo para estas combinaciones es del 19.5% de papa fermentada en polvo, el que permite un incremento de 6.67% a 16.77%, es decir aumenta 2.51% veces su capacidad de soporte de resistencia.

Tabla 20: Resultado de los valores del Ensayo de CBR con la adición de Papa fermentada en polvo

%	CBR 95%	CBR 100%
0%	8.0%	9.7%
PFP 14.5%	11.42%	12.96%
PFP 17.5%	12.65%	14.20%
PFP 19.5%	13.57%	15.00%

Fuente: Elaboración propia

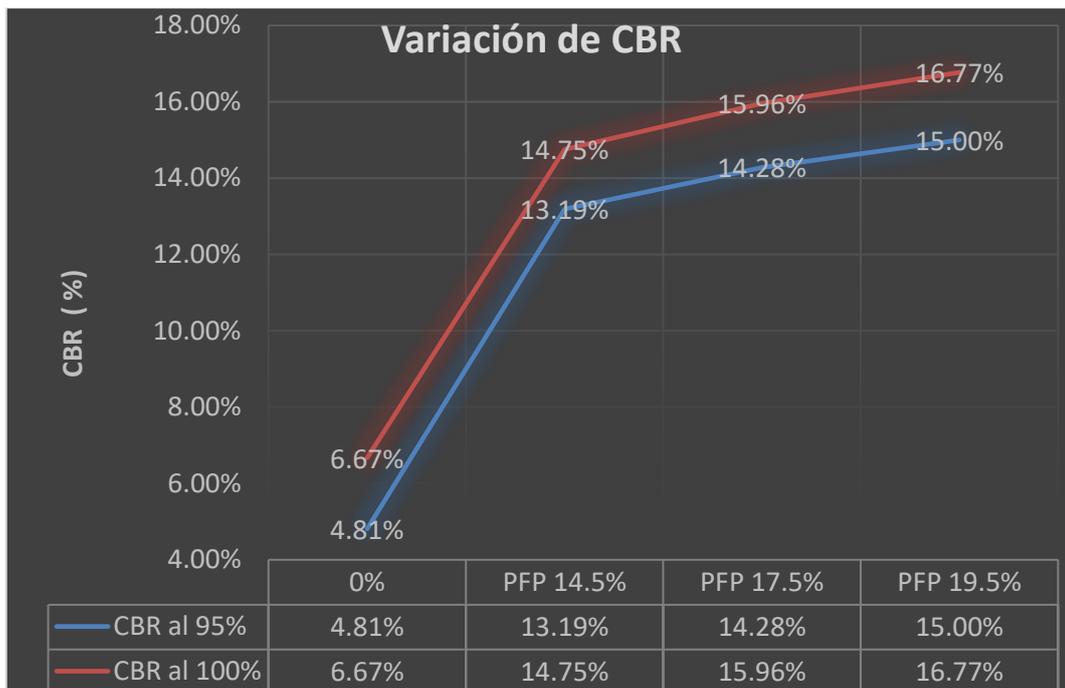


Figura 14: Grafico de variación del CBR al 95% y 100%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 14, observamos los resultados obtenidos del ensayo de CBR al 95 y 100 %, la cual se realizó una comparación entre ellas, con las diferentes combinaciones de Papa fermentada en polvo. Por lo tanto, se concluyó que el porcentaje óptimo de CBR se logra al adicionar el 19.5% de PFP, generando un incremento de 4.81% a 15.00% del CBR al 95% y de 6.67% a 16.77% del CBR al 100%, lo cual al aumentar en CBR mejora su capacidad portante (resistencia), por lo tanto mejora la propiedad mecánica del suelo a nivel de la subrasante.

Tesis 1: “Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018”.

Autor: Díaz Vásquez, Fernando.

En la tabla 21, se muestran los porcentajes (10%, 115%, 20% y 25%) de Ceniza de Cascara de Arroz que utilizó el tesista como un aditivo estabilizante para mejorar su propiedad físico del suelo; además se muestran los resultados obtenidos en laboratorio del Ensayo de Porcentaje de Absorción.

Tabla 21: Porcentaje de Absorción con la adición ceniza de cascara de arroz

Muestra	Molde 1(%)	Molde 2(%)	Molde 3(%)
S100	2.2	2.8	3
S90 - CA10	1.87	2.1	2.14
S85 - CA15	1.2	1.35	1.56
S80 - CA20	1.08	1.16	1.37
S75 - CA25	0.98	1.02	1.23

Fuente: Díaz Vásquez, Fernando, 2018

Ensayo de Porcentaje de Absorción con el método de interpolación lineal

Calcular el Porcentaje de Absorción, con la adición de Papa fermentada en polvo con los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP del volumen del suelo, con el método de interpolación lineal.

Ensayo de Porcentaje de Absorción del Molde 1(%)

Cálculo de Y_1 , Y_2 y Y_3 , con la interpolación lineal del Porcentaje de Absorción de los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP.

Tabla 22: Calculo de Y_1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 1(%)

Para S85.5 - PF14.5%	
10	1.87
14.5	Y_1
15	1.2

Fuente: Elaboración propia

$$Y_1 = 1.87 + \frac{14.5-10}{15-10} * (1.2 - 1.87)$$

$$Y_1 = 1.27 \%$$

Tabla 23: Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 1(%)

Para S82.5 - PF17.5%	
15	1.2
17.5	Y ₂
20	1.08

Fuente: Elaboración propia

$$Y_2 = 1.2 + \frac{17.5 - 15}{20 - 15} * (1.08 - 1.2)$$

$$Y_2 = 1.14 \%$$

Tabla 24: Calculo de Y2 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 1(%)

Para S80.5 - PF19.5%	
15	1.2
19.5	Y ₃
20	1.08

Fuente: Elaboración propia

$$Y_3 = 1.2 + \frac{19.5 - 15}{20 - 15} * (1.08 - 1.2)$$

$$Y_3 = 1.09 \%$$

Tabla 25: Resultado de los valores del Ensayo de Porcentaje de Absorción del Molde 1(%) con la adición de Papa fermentada en polvo

Muestra	Molde 1(%)
0%	2.2
PFP 14.5%	1.27
PFP 17.5%	1.14
PFP 19.5%	1.09

Fuente: Elaboración propia

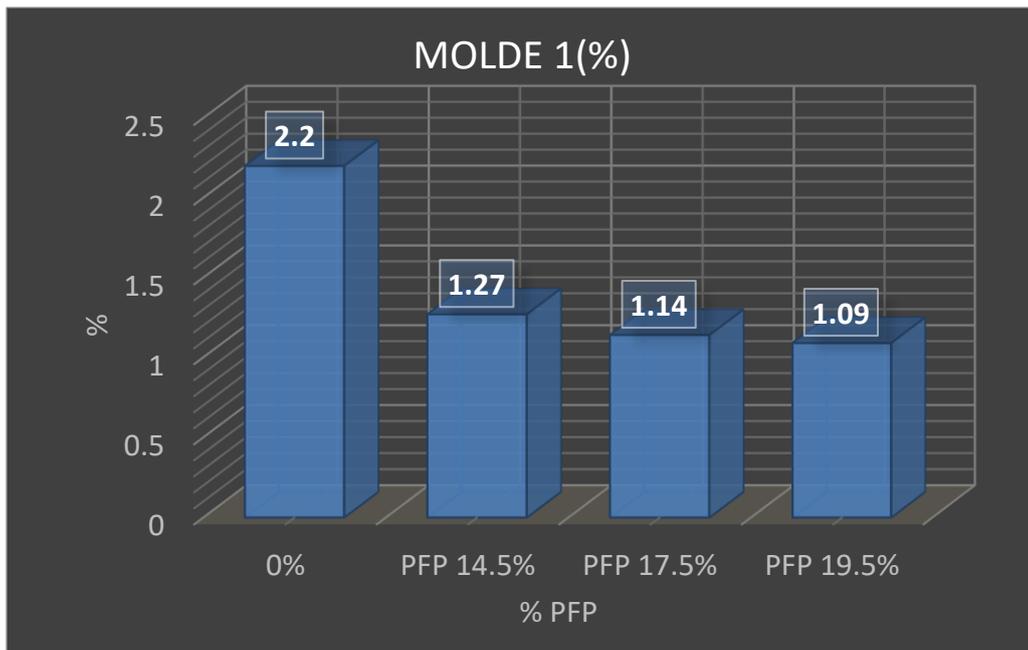


Figura 15: Gráfico del Porcentaje de absorción del Molde 1(%) con la adición de papa fermentada en polvo

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 15, apreciamos que el valor de Porcentaje de Absorción va disminuyendo con la adición de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP de 2.20% a 1.27%, 1.14% y 1.09%. Se concluyó que el valor óptimo para estas combinaciones es del 19.5% de papa fermentada en polvo, el que permite una reducción de 2.20% a 1.09%, es decir reduce 0.5 veces su capacidad de absorción. Por lo tanto, tendrá poros de pequeña dimensión, las cuales permitirán una menor infiltración del agua (impermeabilidad).

Ensayo de Porcentaje de Absorción del Molde 2 (%)

Cálculo de Y_1 , Y_2 y Y_3 , con la interpolación lineal del Porcentaje de Absorción de los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP.

Tabla 26: Cálculo de Y_1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 2(%)

Para S85.5 - PF14.5%	
10	2.1
14.5	Y_1
15	1.35

Fuente: Elaboración propia

$$Y_1 = 2.1 + \frac{14.5-10}{15-10} * (1.35 - 2.1)$$

$$Y_1 = 1.43 \%$$

Tabla 27: Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 2(%)

Para S82.5 - PF17.5%	
15	1.35
17.5	Y ₂
20	1.16

Fuente: Elaboración propia

$$Y_2 = 1.35 + \frac{17.5-15}{20-15} * (1.16 - 1.35)$$

$$Y_2 = 1.26 \%$$

Tabla 28: Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 2(%)

Para S80.5 - PF19.5%	
15	1.35
19.5	Y ₃
20	1.16

Fuente: Elaboración propia

$$Y_3 = 1.35 + \frac{19.5-15}{20-15} * (1.16 - 1.35)$$

$$Y_3 = 1.18 \%$$

Tabla 29: Resultado de los valores del Ensayo de Porcentaje de Absorción del Molde 1(%) con la adición de Papa fermentada en polvo

Muestra	Molde 2(%)
0%	2.8
PFP 14.5%	1.43
PFP 17.5%	1.26
PFP 19.5%	1.18

Fuente: Elaboración propia.

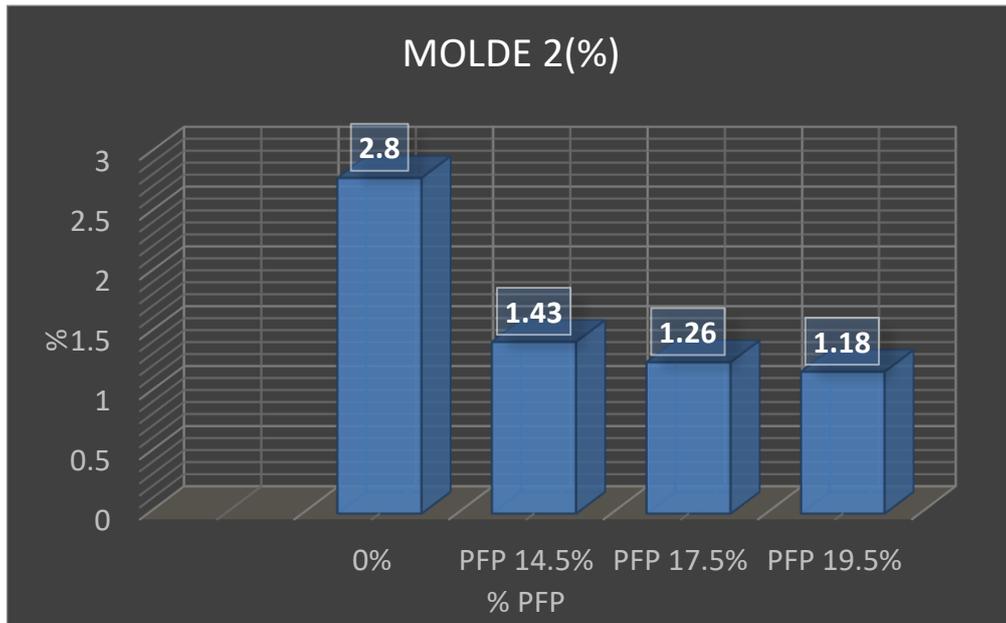


Figura 16: Gráfico del Porcentaje de absorción del Molde 2(%) con la adición de papa fermentada en polvo

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 16, apreciamos que el valor de Porcentaje de Absorción va disminuyendo con la adición de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP de 2.8% a 1.43%, 1.26 % y 1.18%. Se concluyó que el valor óptimo para estas combinaciones es del 19.5% de papa fermentada en polvo, el que permite una reducción de 2.80% a 1.18%, es decir reduce 0.42% veces su capacidad de absorción. Por lo tanto, tendrá poros de pequeña dimensión, las cuales permitirán una menor infiltración del agua (impermeabilidad).

Ensayo de Porcentaje de Absorción del Molde 3 (%)

Cálculo de Y_1 , Y_2 y Y_3 , con la interpolación lineal del Porcentaje de Absorción de los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP.

Tabla 30: Cálculo de Y_1 con el 14.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 3(%)

Para S85.5 - PF14.5%	
10	2.14
14.5	Y_1
15	1.56

Fuente: Elaboración propia

$$Y_1 = 2.14 + \frac{14.5-10}{15-10} * (1.56 - 2.14)$$

$$Y_1 = 1.62 \%$$

Tabla 31: Calculo de Y2 con el 17.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 3(%)

Para S82.5 - PF17.5%	
15	1.56
17.5	Y ₂
20	1.37

Fuente: Elaboración propia

$$Y_2 = 1.56 + \frac{17.5-15}{20-15} * (1.37 - 1.56)$$

$$Y_2 = 1.47 \%$$

Tabla 32: Calculo de Y3 con el 19.5% PFP con la interpolación lineal del Porcentaje de absorción del Molde 3(%)

Para S80.5 - PF19.5%	
15	1.56
19.5	Y ₃
20	1.37

Fuente: Elaboración propia

$$Y_3 = 1.56 + \frac{19.5-15}{20-15} * (1.37 - 1.56)$$

$$Y_3 = 1.39 \%$$

Tabla 33: Resultado de los valores del Ensayo de Porcentaje de Absorción del Molde 1(%) con la adición de Papa fermentada en polvo

Muestra	Molde 3(%)
0%	3
PFP 14.5%	1.62
PFP 17.5%	1.47
PFP 19.5%	1.39

Fuente: Elaboración propia

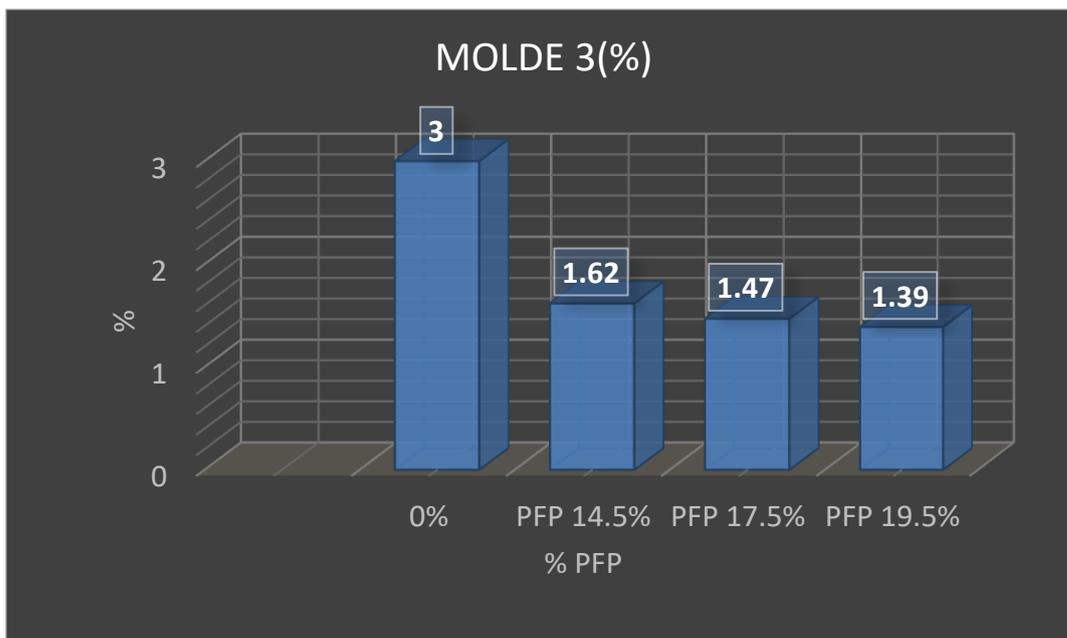


Figura 17: Gráfico del Porcentaje de absorción del Molde 1(%) con la adición de papa fermentada en polvo

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 17, apreciamos que el valor de Porcentaje de Absorción va disminuyendo con la adición de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de PFP de 3 % a 1.62%, 1.47% y 1.39%. Se concluyó que el valor óptimo para estas combinaciones es del 19.5% de papa fermentada en polvo, el que permite una reducción de 3% a 1.39%, es decir reduce 0.46% veces su capacidad de absorción. Por lo tanto, tendrá poros de pequeña dimensión, las cuales permitirán una menor infiltración del agua (impermeabilidad).

Tabla 34: Resultado de los valores de los Porcentajes de Absorción con la adición de Papa fermentada en polvo

Muestra	Molde 1(%)	Molde 2(%)	Molde 3(%)
0%	2.2	2.8	3
PFP 14.5%	1.27	1.43	1.62
PFP 17.5%	1.14	1.26	1.47
PFP 19.5%	1.09	1.18	1.39

Fuente: Elaboración propia

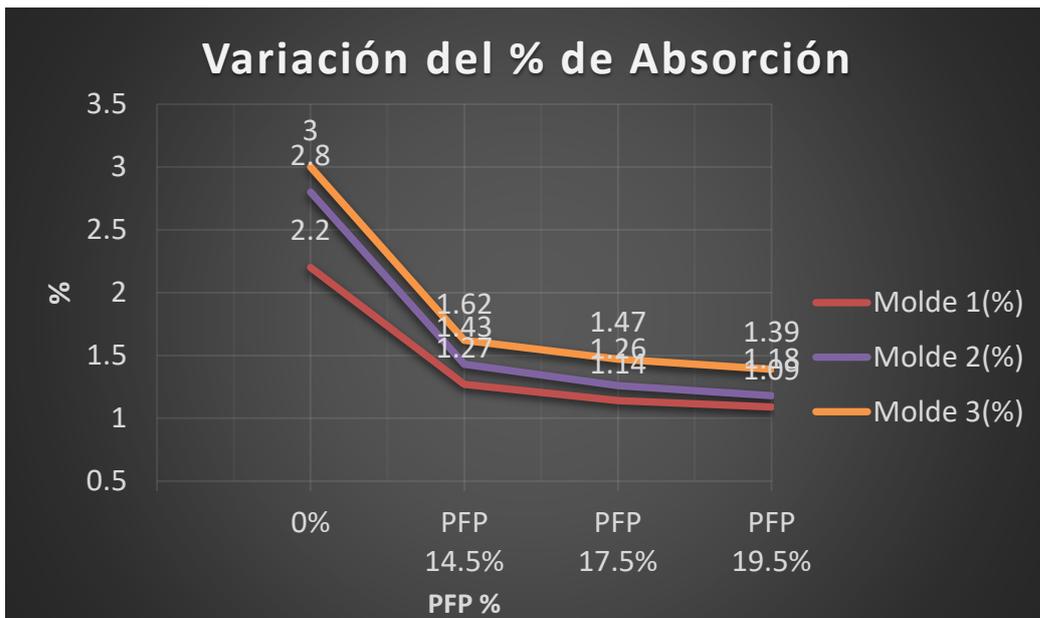


Figura 18: Gráfico de la Variación del % de Absorción

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 18, apreciamos que la variación del porcentaje de Absorción del molde de 1%,2% y 3%, va disminuyendo mientras se agrega más cantidad de la papa fermentada en polvo. Se concluyó que el valor óptimo de porcentaje de absorción del molde 1%, 2% y 3%, para estas combinaciones es del 19.5% de papa fermentada en polvo, ya que permite una reducción 0.5%,0.42%,0.46% veces su capacidad de absorción de cada molde. Por lo tanto, esto genera que las partículas sean más pequeñas, lo cual permitirá una menor infiltración del agua.

V. DISCUSIÓN

5.1 Influencia de la Papa fermentada en polvo en el contenido de humedad del suelo a nivel de la subrasante.

RESULTADO.- Al adicionar 19.5% de papa fermentada en polvo redujo el Contenido Humedad de 11.2% a 8.15%.

Antecedente, Apolinares, A (2018), en su investigación adiciono los porcentaje de 15%, 25% y 35% de ceniza vegetal. Los resultados que se obtuvieron con la adición más favorable fue de 15%, por que redujo el contenido de humedad de 14.5% a 12.02%. Asimismo la adición de 25% y 35% disminuye el contenido de humedad con un porcentaje menor en los resultados.

Hipótesis: La influencia de la Papa fermentada en polvo, influye en la propiedad física al reducir del contenido de humedad del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020. Por medio del ensayo de Proctor modificado, se asevera que la influencia de la adición de papa fermentada en polvo en el terreno natural disminuye el contenido de humedad.

Pregunta: ¿Cuánto influye la Papa fermentada en polvo, en la propiedad física al reducir el contenido de humedad del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020?, durante el desarrollo de la investigación en base a los resultados del Tesista, el terreno natural fue clasificado como arcilloso con un contenido de humedad 11.2%, se observa que al adicionar los porcentajes de 14.5, 17.5 y 19.5 % de papa fermentada en polvo reduce el contenido de humedad de 11.2% a 8.68%, 8.35% y 8.15%. Por lo tanto, donde se obtuvo la reduccion más representativa del contenido de humedad, es con la adición de 19.5% de PFP que disminuyo el contenido de humedad 11.2% a 8.15% considerándose el Optimo contenido de humedad.

5.2 Influencia de la Papa fermentada en polvo en el porcentaje de absorción del suelo a nivel de la subrasante.

RESULTADO.- Al adicionar 19.5% de papa fermentada en polvo reduce porcentaje de Absorción del molde de 1 de 2.20% a 1.09%, con el molde 2 de 2.80% a 1.18%, con el molde 3 de 3.00% a 1.39%.

Antecedente, VÍLCHEZ, A. (2019), en su investigación adicio los porcentaje de ceniza de cascara de arroz de 3%, 5% y 10%. Los resultados que se obtuvieron con la adición más favorable fue de 10%, por que presentó una reduccion de porcentaje de absorción en el molde 1 de 3.9% a 2.3%, con el molde 2 de 4.6% a 2.7%, con el molde 3 de 5.3% a 3.1%.

Hipótesis La influencia de la Papa fermentada en polvo, influye en la propiedad física al reducir el porcentaje de absorción del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020. Por medio del ensayo de CBR, se asevera que la influencia de la adición de papa fermentada en polvo en el terreno natural reduce porcentaje de Absorción del suelo.

Pregunta: ¿Cuánto influye la Papa fermentada en polvo, en la propiedad física al reducir el porcentaje de absorción del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020?, durante el desarrollo de la investigación en base a los resultados del Tesista, el terreno natural fue clasificado como arcilloso con un porcentaje de absorción del molde 1 de 2.2%, con el molde 2 de 2.8% y con el molde 3 de 3.00%, se observa que al adicionar los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de papa fermentada en polvo, disminuye el porcentaje de absorción en el molde 1 de 2.2% a 1.27%, 1.14% y 1.09%, con el molde 2 de 2.8% a 1.43%, 1.26% y 1.18%, con el molde 3 de 3.00% a 1.62%, 1.47% y 1.39%. Por lo tanto, donde se obtuvo la reducción más representativa es con la adición de 19.5% de PFP que disminuye el porcentaje de Absorción del molde de 1 de 2.20% a 1.09%, con el molde 2 de 2.80% a 1.18%, con el molde 3 de 3.00% a 1.39%.

5.3 Influencia de la Papa fermentada en polvo en la resistencia (capacidad Portante) del suelo a nivel de la subrasante.

RESULTADO.- Al adicionar 19.5% de papa fermentada en polvo incrementa la resistencia (capacidad Portante) de 4.81% a 15.00% de un CBR con una lectura al 95%.

Antecedente, Cajaleon, O y Mondragón, D (2018), en su investigación adiciono los porcentaje de 10% y 15% de ceniza cascara de arroz. Los resultados que se obtuvieron con la adición más favorable fue de 15%, por que incrementa la resistencia del suelo de 6.2% a 10.3%. Asimismo la adición de 10% incrementa la resistencia del suelo con un porcentaje menor de 6.2% a 8.5%.

Hipótesis: La influencia de la Papa fermentada en polvo, influye en la propiedad mecánica al incrementar la resistencia del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020. Por medio del ensayo de CBR con una lectura al 95%, se asevera que la influencia de la adición de papa fermentada en polvo en el terreno natural incrementa la resistencia (capacidad Portante).

Pregunta: ¿Cuánto influye la Papa fermentada en polvo, en la propiedad mecánica al incrementar la resistencia del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020?, durante el desarrollo de la investigación en base a los resultados del Tesisista, el terreno natural fue clasificado como arcilloso con una resistencia (capacidad Portante) de 4.81%, se observa que al adicionar los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de papa fermentada en polvo, incrementa la resistencia del suelo de 4.81% a 13.19%, 14.28% y 15.00%. Por lo tanto, donde se obtuvo el incremento más representativa de la resistencia del suelo, es con la adición de 19.5% de PFP que incrementa la resistencia del suelo de 4.81% a 15.00% de un CBR con una lectura al 95%.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo general

Evaluar la Influencia de la Papa fermentada en polvo, en las propiedades físico-mecánicas del suelo a nivel de la subrasante.

Se puede definir que la adición de papa fermentada en polvo mejora las propiedades físicas – mecánicas del suelo a nivel de la subrasante del centro Poblado de Andas, en el distrito de Yarumayo, la cual se observa una reducción del Contenido de Humedad, incremento de la resistencia y reducción del porcentaje de Absorción.

1. Contenido de Humedad

Papa fermentada en Polvo: Patrón 0% =11.2%, PFP14.5%= 8.68%, PFP17.5%= 8.35% y PFP19.5%= 8.15%,

Objetivo 1: Evaluar la influencia de la Papa fermentada en polvo, en la propiedad física al reducir el contenido de humedad del suelo a nivel de la subrasante, adicionando los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de papa fermentada en polvo, disminuye el contenido de humedad de 11.2% a 8.68%, 8.35% y 8.15%. Por lo tanto, donde se obtuvo la reducción más favorable del contenido de humedad, es con la adición de 19.5% de PFP que disminuyó el contenido de humedad 11.2% a 8.15% considerándose el Óptimo contenido de humedad, el cual queda comprobado que mejora las propiedades físicas del suelo a nivel de la subrasante.

2. Porcentaje de Absorción

Papa fermentada en polvo:

Molde 1: Patrón 0%=2.2%, PFP14.5%= 1.27%, PFP17.5%= 1.14%, PFP19.5%= 1.09%.

Molde 2: Patrón 0%=2.8%, PFP14.5%= 1.43%, PFP17.5%= 1.26%, PFP19.5%= 1.18%.

Molde 3: Patrón 0%=3.0%, PFP14.5%= 1.62%, PFP17.5%= 1.47%, PFP19.5%= 1.39%,

Objetivo 2: Evaluar la influencia de la Papa fermentada en polvo, en la propiedad física al reducir el porcentaje de absorción del suelo a nivel de la subrasante, adicionar los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de papa fermentada en polvo, disminuye el porcentaje de absorción en el molde 1 de 2.2% a 1.27%, 1.14% y 1.09%, con el molde 2 de 2.8% a 1.43%, 1.26% y 1.18%, con el molde 3 de 3.00% a 1.62%, 1.47% y 1.39%. Por lo tanto, donde se obtuvo la reducción más representativa es con la adición de 19.5% de PFP que disminuye el porcentaje de Absorción del molde de 1 de 2.20% a 1.09%, con el molde 2 de 2.80% a 1.18%, con el molde 3 de 3.00% a 1.39%, el cual queda comprobada. Por lo tanto permite una reducción 0.5%,0.42%,0.46% veces su capacidad de absorción de cada molde. Por lo tanto, esto genera que las partículas sean más pequeñas, lo cual permitirá una menor infiltración del agua.

3. Resistencia (Capacidad Portante) de un CBR con una lectura al 95%.

Papa fermentada en Polvo: Patrón 0% =4.81%, PFP14.5%= 13.19%, PFP17.5%= 14.28% y PFP19.5%= 15.00%.

Objetivo 3: Evaluar la influencia de la Papa fermentada en polvo, en la propiedad mecánica al incrementar la resistencia del suelo a nivel de la subrasante. Adicionar los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5 % de papa fermentada en polvo, incrementa la resistencia del suelo de 4.81% a 13.19%, 14.28% y 15.00%. Por lo tanto, donde se obtuvo el incremento más representativa de la resistencia del suelo, es con la adición de 19.5% de PFP, que incrementa la resistencia del suelo de 4.81% a 15.00%, es decir aumenta 3.12% veces su capacidad portante (resistencia), lo cual mejora la subrasante convirtiendo un suelo insuficiente a bueno. Por lo tanto mejora la propiedad mecánica del suelo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Contenido de Humedad

Papa fermentada en Polvo: Patrón 0% =11.2%, PFP14.5%= 8.68%, PFP17.5%= 8.35%, PFP19.5%= 8.15%.

Objetivo 1: La Investigación presenta los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5% de papa fermentada en polvo, en todas las adiciones se logró una disminución progresiva del contenido de humedad de un suelo arcillo, para futuras investigaciones recomendamos incrementar la adición de papa fermentada en polvo en porcentaje mayores de 19.5%, hasta obtener un Óptimo contenido de Humedad. Asimismo se recomienda plantear el aditivo de la papa fermentada en polvo, en investigaciones con diferente tipo de suelo, relacionado con la arcilla.

2. Porcentaje de Absorción

Papa fermentada en polvo:

Molde 1: Patrón 0%=2.2%, PFP14.5%= 1.27%, PFP17.5%= 1.14%, PFP19.5%= 1.09%.

Molde 2: Patrón 0%=2.8%, PFP14.5%= 1.43%, PFP17.5%= 1.26%, PFP19.5%= 1.18%.

Molde 3: Patrón 0%=3.0%, PFP14.5%= 1.62%, PFP17.5%= 1.47%, PFP19.5%= 1.39%.

Objetivo 2: La Investigación presenta los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5% de papa fermentada en polvo, en todas las adiciones se logró una disminución constante del porcentaje de Absorción de un suelo arcillo, para futuras investigaciones recomendamos incrementar la adición de papa fermentada en polvo en porcentaje mayores de 19.5%, hasta obtener el porcentaje de Absorción óptimo. Asimismo se recomienda plantear el aditivo de la papa fermentada en polvo, en investigaciones con diferente tipo de suelo, relacionado con la arcilla.

3. Resistencia (Capacidad Portante) de un CBR con una lectura al 95%.

Papa fermentada en Polvo: Patrón 0% =4.81%, PFP14.5%= 13.19%, PFP17.5%= 14.28% y PFP19.5%= 15.00%.

Objetivo 3: La Investigación presenta los porcentajes de 14.5%, 17.5% y 19.5% de papa fermentada en polvo, en todas las adiciones se logró un incremento constante de la resistencia (Capacidad Portante) de un suelo arcillo, Por lo tanto, para futuras

investigaciones recomendamos incrementar la adición de papa fermentada en polvo en porcentaje mayores de 19.5%, hasta obtener el porcentaje de resistencia óptimo. Asimismo se recomienda plantear el aditivo de la papa fermentada en polvo, en investigaciones con diferente tipo de suelo, relacionado con la arcilla.

REFERENCIA

1. CAJALEON, O y MONDRAGÓN, D. *“Estabilización de suelos arcillosos agregando cenizas de cáscaras de arroz para la subrasante en el km+ 17 Pimpingos, Choros 2018”*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú, 2018.
2. TERRONES, A. *“Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo”*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Privada Del Norte, Trujillo, Perú, 2018.
3. VÍLCHEZ, A. *“Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019”*, tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú, 2019.
4. CAAMAÑO, I. *“Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente”*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Militar Nueva Granada”, Bogotá, Colombia, 2016.
5. BUITRÓN, S y ENRÍQUEZ, A. *“Estudio de la estabilización de arcillas expansivas de Manabí con ceniza del volcán Tungurahua”*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2018.
6. CAÑAR, E. *“Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador, 2017.
7. ESPINOZA, A y VELÁSQUEZ, J. *Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Ceniza De Caña De Azúcar En El Tramo De Pinar-Marian, Distrito De Independencia 2018*. Tesis para título profesional. Universidad César Vallejo, Huaraz, 2018. [Consultado 29 junio 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/26696>.
8. DÍAZ, F *“Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martin – Lonya Grande, Amazonas 2018”*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú, 2018.
9. APOLINARES, A. *“Estabilización de la sub-rasante con la incorporación de ceniza vegetal, Jauja”*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú, 2018.

10. DUROTOYE, MYSURU, OGBOYE and BAMIGBOYE. *"Effect of common salt on the engineering properties of expansive soil"*. Scientific article in Civil Engineering. Covenant University, Ota, Ogun state, Nigeria, 2016. ISSN: 2049-3444.
11. DAUDA, AKINMUSURU, OLUWASEUN, DUROTOYE and OGUNDIPE. *"Geotechnical properties of lateritic soil stabilized with periwinkle shell dust"*. Scientific article in Civil Engineering. Covenant University, Ota Ogun State, Nigeria, 2018.
12. OLUREMI, OSUOLALE, ADEOYE and AKINGBADE. *"Development of resistance in lateritic soils stabilized with coconut shell for the construction of road pavements"*. Scientific article in Civil Engineering. Ladoke Akintola Technological University, Ogbomoso, Nigeria, 2016. ISSN: 2222-287.
13. BRAJA M. DAS. *Fundamentals of geotechnical engineering*. 4th. ed. USA: Cengage Learning, 2012. ISBN: 978-1-111-57675-2, page. 96.
14. CRESPO, C. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5ª ed. México: Limusa, 2004. ISBN: 968-18-6489-1, pág. 22.
15. *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima, Perú, Abril de 2014, pág. 24.
16. BRAJA M. DAS. *Fundamentals of geotechnical engineering*. 4th. ed. USA: Cengage Learning, 2012. ISBN: 978-1-111-57675-2, page. 266.
17. BRAJA M. DAS. *Fundamentals of geotechnical engineering*. 4th. ed. USA: Cengage Learning, 2012. ISBN: 978-1-111-57675-2, page. 285.
18. CRESPO, C. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5ª ed. México: Limusa, 2004. ISBN: 968-18-6489-1, pág. 45.
19. *Manual de Ensayos de Materiales, Sección, Suelos y Pavimentos*. Ministro de Comunicaciones y Transportes. Lima, Perú, Mayo de 2016, pág. 257.
20. BRAJA M. DAS. *Fundamentals of geotechnical engineering*. 4th. ed. USA: Cengage Learning, 2012. ISBN: 978-1-111-57675-2, page. 98.
21. RONDON, H y REYES, F. *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*. Colombia: Ecoe Ediciones, 2015. ISBN: 978-958-771-175-2, pág. 380.

22. EGÚSQUIZA B. *La papa: producción, transformación y comercialización*. International Potato Center, Lima, Perú, noviembre 2000, pág. 180.
23. Sociedad Peruana de Gastronomía, *Tocosh: el legado de la medicina natural de los andes* [en línea], [fecha de consulta: 19 mayo 2020]. Disponible en: <https://peru.info/es-pe/gastronomia/noticias/2/12/tocosh-el-legado-de-la-medicina-natural-peruana>.
24. Sociedad Peruana de Gastronomía, *Tocosh: el legado de la medicina natural de los andes* [en línea], [fecha de consulta: 19 mayo 2020]. Disponible en: <https://peru.info/es-pe/gastronomia/noticias/2/12/tocosh-el-legado-de-la-medicina-natural-peruana>.
25. C. R. Kothari. *Research Methodology: Methods and Techniques*. Second edition. India: New Age International, 2004. ISBN: 978-81-224-2488-1, page. 9.
26. C. R. Kothari. *Research Methodology: Methods and Techniques*. Second edition. India: New Age International, 2004. ISBN: 978-81-224-2488-1, page. 5.
27. C. R. Kothari. *Research Methodology: Methods and Techniques*. Second edition. India: New Age International, 2004. ISBN: 978-81-224-2488-1, page. 3.
28. HERNANDEZ Roberto, FERNANDEZ Carlos y BAPTISTA, María. *Metodología de la investigación: 5° Ed.* México: 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9, pág.92.
29. HERNANDEZ Roberto, FERNANDEZ Carlos y BAPTISTA, María. *Metodología de la investigación: 5° Ed.* México: 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9, pág. 141.
30. CARRASCO, Sergio. *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2006. ISBN: 9972-34-242-5. pág. 226.
31. CARRASCO, Sergio. *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2006. ISBN: 9972-34-242-5. pág. 236 - 237.
32. VALDERRAMA, Santiago. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2002. ISBN: 978-612-302-878-7, pág. 184.
33. C. R. Kothari. *Research Methodology: Methods and Techniques*. Second edition. India: New Age International, 2004. ISBN: 978-81-224-2488-1, page. 158.
34. C. R. Kothari. *Research Methodology: Methods and Techniques*. Second edition. India: New Age International, 2004. ISBN: 978-81-224-2488-1, page. 75.

- 35.** VALDERRAMA, Santiago. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2002, pp. 195. ISBN: 978-612-302-878-7, pág. 195.
- 36.** CARRASCO, Sergio. *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2006. ISBN: 9972-34-242-5, pág. 313.
- 37.** C. R. Kothari. *Research Methodology: Methods and Techniques*. Second edition. India: New Age International, 2004. ISBN: 978-81-224-2488-1, page. 73.
- 38.** C. R. Kothari. *Research Methodology: Methods and Techniques*. Second edition. India: New Age International, 2004. ISBN: 978-81-224-2488-1, page. 74.
- 39.** HERNANDEZ Roberto, FERNANDEZ Carlos y BAPTISTA, María. *Metodología de la investigación*: 5° Ed. México: 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9, pág. 276.
- 40.** El Peruano, *Decreto Supremo que declara en Emergencia Sanitaria a nivel nacional por el plazo de noventa (90) días calendario y dicta medidas de prevención y control del COVID-19* [en línea], [fecha de consulta: 25 octubre 2020]. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-declara-en-emergencia-sanitaria-a-nivel-decreto-supremo-n-008-2020-sa-1863981-2/#:~:text=n%C2%B0%20008%2D2020%2Dsa>,

ANEXO

ANEXO N° 2. Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
V. Dependiente : Propiedades físicas - mecánicas del suelo.	Las propiedades mecánicas y físicas de un suelo se relacionan con el mejoramiento de la funcionalidad y resistencia, a través de la mezcla de suelos con la aplicación de aditivos como cal, cemento u otro material, produciendo cambios físicos en su estructura. ¹⁸	La interpolación se ejecutó de una investigación que realizo sus ensayos, a partir de ello se comparó antes y después de la adición de la papa fermentada en polvo, la cual se realizó para determinar el contenido de humedad, porcentaje de absorción y resistencia, de las propiedades físicas y mecánicas del suelo.	Contenido de Humedad	Proctor Modificado	Ensayos de Proctor Modificado. (ASTM-D 1557)	
			Porcentaje de absorción	CBR		Ensayo de CBR (ASTM-D 1883)
				Densidad seca		
Resistencia	Capacidad portante	Ensayo de CBR (ASTM-D 1883)				
V. Independiente : Papa fermentada en polvo.	La papa fermentada se elabora colocándose sobre pozos de los ríos cubiertos de piedras, en las que transcurre el agua durante 5 a 8 meses, al haber estado en esas condiciones, la papa sufre un proceso de fermentación, el cual será extraído y sometido a un secado natural. Para luego ser triturado de manera artesanal y obtener el producto en polvo. ²⁵	Se realizó análisis de la Papa fermentada en polvo, en porcentaje a los cuales se adicionara dependiendo al balance del volumen del suelo a nivel de la subrasante, que estarán en relación de 10%, 20% y 30%.	Dosificación de Papa fermentada polvo en porcentajes (%).	14.5 % del volumen de la muestra del suelo	BALANZA CALIBRADA	
		17.5 % del volumen de la muestra del suelo				
		19.5 % del volumen de la muestra del suelo				

Fuente: Elaboración propio.

18. BRAJA M. DAS. *Fundamentals of geotechnical engineering*. 4th. ed. USA: Cengage Learning, 2012. ISBN: 978-1-111-57675-2, page. 285.
 22. Egúsquiza B. *La papa: producción, transformación y comercialización*. International Potato Center, noviembre 2000, pág. 24.

ANEXO N° 3. Matriz de consistencia.

Título:		Influencia de la Papa fermentada en polvo, en las propiedades física-mecánicas del suelo a nivel del subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020			
Autor:		Asís Bravo, Jose Luis			
PROBLEMA	OBEJTIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO		TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
<u>PROBLEMA GENERAL</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPÓTESIS GENERAL</u>	<u>V. DEPENDIENTE: Propiedades físicas y mecánicas del suelo.</u>		
			<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADORES</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>
¿Cuánto Influye la Papa fermentada en polvo, en las propiedades físicas - mecánicas del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020?	Evaluar la Influencia de la Papa fermentada en polvo, en las propiedades física-mecánicas del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.	La influencia de la Papa fermentada en polvo, influye en la mejora de las propiedades física-mecánicas del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.	D1: Contenido de Humedad	Proctor Modificado	Ensayos de Proctor Modificado (ASTM-D 1557)
			D2: Porcentaje de absorcion	CBR	Ensayo de CBR (ASTM-D 1883)
				Densidad seca	
D3: Resistencia	Capacidad portante	Ensayos de CBR (ASTM-D 1883)			
<u>PROBLEMA ESPECÍFICOS</u>	<u>OBJETIVO ESPECÍFICOS</u>	<u>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</u>	<u>V. INPENDIENTE: Papa fermentada en polvo</u>		
			<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADORES</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>
¿Cuánto influye la Papa fermentada en polvo, en la propiedad física al reducir el contenido de humedad del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020?	Evaluar la influencia de la Papa fermentada en polvo, en la propiedad física al reducir del contenido de humedad del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020.	La influencia de la Papa fermentada en polvo, influye en la propiedad física al reducir el contenido de humedad del suelo a nivel de la subrasante de Andas, Yarumayo, Huánuco 2020	D4: Dosificación en porcentajes(%)	14.5 % del volumen de la muestra del suelo	BALANZA CALIBRADA
				17.5 % del volumen de la muestra del suelo	
				19.5 % del volumen de la muestra del suelo	

Metodo: (Científico)
Tipo: (Aplicada)
Nivel: (Correlacional)
Diseño: (Cuasi-Experimental)
Enfoque: (Cuantitativo)
Población: Todas las papas de Andas.
Muestra: Todos los Ensayos.
Técnica: Observación Directa.
Instrumentos: Fichas de observación de datos.

Fuente: Elaboración propio.

ANEXO N°4: Informe del estudio de suelo del tesista 1, Díaz Vásquez, Fernando titulado “Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018”, del cual se tomó como referencia para realizar el análisis documental. El cual presentamos los documentos como sustento de la veracidad de la tesis presentada.

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (ASTM - D 422)



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM - D 1557)



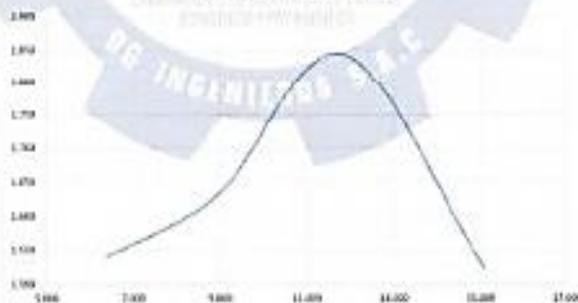
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS**
DE INGENIEROS S.A.C.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MEC 6 205

Proyecto:	"MEJORAMIENTO DE LA SUB BASES MEDIANTE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN LA CARRETERA DE SAN MARTÍN - LAGUNA GRANDE, AMAZONAS 2014"			
Colocación:	Perforación (Vía Pasajero)	Fecha: 22 septiembre 2014	C. 3. M-07	
Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso del Cazo (g)	11504.00	11064.80	12405.10	11749.60
Peso del Molde (g)	8022.00	8022.00	8022.00	8022.00
Peso Suelo + Estuche (g)	31820.00	3782.00	4814.10	3723.60
Volumen del molde (cm ³)	2125.50	2125.50	2125.50	2125.50
Densidad Suelo Saturado (g./cm ³)	1.638	1.786	2.262	1.752
Número de Tiro	1	2	3	4
Peso Tiro + Cazo Interio (g)	5340	151.20	34.00	125.90
Peso Tiro + Suelo seco (g)	51.40	145.50	37.80	112.00
Peso Tiro (g)	17.00	83.00	24.00	29.00
Peso agua (g)	3.00	5.10	7.00	3.90
Peso de suelo seco (g)	34.40	53.50	53.80	92.00
Wetness (%)	6.41	8.78	15.07	15.11
Humedad presente (%)	6.48	8.98	11.83	15.11
Densidad Seca (g./cm ³)	1.546	1.622	1.864	1.522

OG - MÁX. DENSIDAD SECA



MÉTODOS	C
MEMBRITA LAPAS	5
NÚMERO DE GOLPES	56
W (g./cm ³)	1.85
OG (%)	11.7

DATOS DEL MOLDE		C.O.
N	E	
PERFOR.	00224	Programa 1-500 - DV SAN
VOLUMEN (cm ³)	2125.1	MARTÍN - LAGUNA GRANDE



Dirección: Jr. Ciro Alegría N° 680 - Bagua Grande
Celular: 950969619 / Email: dgeolab@gmail.com

ENSAYO DE CBR (ASTM - D 1883)



ENSAYO DE FUERZA DE COMPRESIÓN (C.B.R.)			
PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN DEL CARRIL DE ARRIBA DE LA CARRETERA EN LA CARRETERA N° 1000, ENTRE KM. 100 Y 105, PROV. DE TUMBUCAY			
MUESTRA		MUESTRA	
Identificación	1000-100	Identificación	1000-100
Descripción	Grava	Descripción	Grava
Estado	Seco	Estado	Seco
Temperatura	20.0	Temperatura	20.0
Humedad	0.0	Humedad	0.0
Gravidad específica	2.65	Gravidad específica	2.65
Porcentaje de humedad	0.0	Porcentaje de humedad	0.0
Porcentaje de compactación	100	Porcentaje de compactación	100

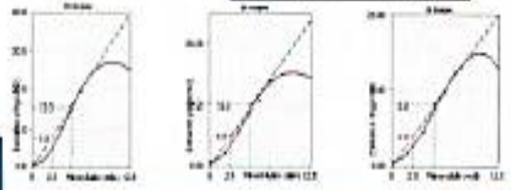
MUESTRA	Módulo de elasticidad (kg/cm²)	Módulo de elasticidad (kg/cm²)		Módulo de elasticidad (kg/cm²)	
		Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1000-100	1000	1000	1000	1000	1000
1000-100	1000	1000	1000	1000	1000



Penetration (mm)	CBR (%)
2.5	100
5.0	80
10.0	40
20.0	10

REQUISITOS PARA MUESTRA:
 - Diámetro (cm): 15.2
 - Altura (cm): 15.2
 - Humedad: 0.0
 - Temperatura: 20.0

REQUISITOS PARA MUESTRA:
 - Diámetro (cm): 15.2
 - Altura (cm): 15.2
 - Humedad: 0.0
 - Temperatura: 20.0



Dirección: Jr. Ciro Alegría N° 680 - Bagua Grande
 Celular: 950969619 / Email: dgeolab@gmail.com

ANEXO N°5: Informe del estudio de suelo del tesista 2, Espinoza Chuquino, Alexis Euler y Velásquez Pérez, Jhonatan Julián titulado “**Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Ceniza De Caña De Azúcar En El Tramo De Pinar-Marian, Distrito De Independencia 2018**”, del cual se tomó como referencia para realizar el análisis documental. El cual presentamos los documentos como sustento de la veracidad de la tesis presentada.

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (ASTM - D 422)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:128, ASTM D422)

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
TESISTAS: ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER
 VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
ASUNTO: ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
LUGAR : DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
CALICATA: C-01
PROF.: 1.50 mts
PRDG: 0+000 Km

TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Granulometría por Tamizado: ASTM-D422		
TAMIZ	Apertura (mm)	Acumulado que pasa (%)
3"	75.000	100.0
2"	50.000	100.0
1 1/2"	37.500	100.0
1"	25.000	100.0
3/4"	18.000	100.0
1/2"	12.500	100.0
3/8"	9.500	99.5
1/4"	6.250	98.9
N°4	4.750	98.5
N°10	2.000	97.8
N°20	0.850	97.2
N°40	0.425	95.1
N°60	0.250	93.2
N°100	0.150	81.9
N°200	0.075	63.1

Nota:
Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio

CAMPUS HUARAZ
 Av. Independencia 1488
 Barrio Palmira Baja,
 Independencia - Huaraz
 Tel: (043) 930031



Dr. VICTOR HUGO VELÁSQUEZ (MS)
 UNABANDERO DE INGENIERÍA CIVIL
 PROF. EPP
 UCVC HUARAZ



Mg. Erika Magaly Maza Costarrosa
 Coordinadora de L. 1 (tesis) de Ingeniería Civil



#huacvperu
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

ENSAYO DE CBR (ASTM - D 1883)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018

TESISTAS: ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER
VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN

CALICATA: C-01 MUESTRA PATRON **PROFUNDIDAD: 1.50 mts**

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
MOLE Nº	1	2	3
Nº DE CAPAS	5	5	5
Nº DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLE	2323.00	2323.00	2323.00
PESO DE MOLE	5102.92	4148.10	5091.80
PESO DE MOLE + SUELO HUMEDO	9786.90	8410.10	6269.90
PESO DEL SUELO HUMEDO	4683.90	4262.00	4168.10
UNIDAD HUMEDA	1.89	1.85	1.81
RECIPIENTE Nº	A	B	C
PESO DE RECIPIENTE	27.15	25.38	26.84
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	327.89	328.64	106.34
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	86.80	107.24	94.80
PESO DE AGUA	8.89	11.62	13.54
PESO DE SUELO SECO	72.87	80.83	67.90
CONTENIDO DE HUMEDAD	13.33	14.37	16.99
TRANSFORMADA SECA	1.70	1.60	2.04

DETERMINACION DE LA EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO (hrs)	56 GOLPES						25 GOLPES		10 GOLPES	
			DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
17/09/2018	12:30	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.0	
20/09/2018	12:00	86	51	1.295	1.02	62	1.575	1.25	72	1.854	1.47	

C.B.R. FACTOR DE REFORMACION DEL AMBLIO						
PENETRACION (mm)	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
	CARGA (N)	ESFUERZO (N/m²)	CARGA (N)	ESFUERZO (N/m²)	CARGA (N)	ESFUERZO (N/m²)
0.025	97.1	32.3	42.8	14.2	14.7	4.4
0.050	150.6	48.4	85.8	28.5	38.4	12.8
0.075	188.5	62.6	135.1	44.9	85.8	18.8
0.100	230.4	73.2	175.6	58.3	128.2	29.2
0.150	275.6	91.6	214.8	71.4	133.5	44.4
0.200	305.7	101.6	245.3	81.5	159.4	51.0
0.250	401.5	133.4	285.7	94.9	208.8	69.4
0.300	492.4	163.1	325.8	108.2	224.2	

CAMPUS HUARAZ
Av. Independencia 1488
Sanjo: Palma Baja,
Independencia - Huaraz
Tel: (054) 883051



ING. ERIK AGUAYO
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES
DEL C.V.P.
UCA - HUARAZ



Ing. Erik Aguayo
Coordinador de la Escuela de Ingeniería Civil



#saliradelante
ucv.edu.pe