



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
CIVIL**

“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

**AUTOR:**

Br. Aldo Daniel Vilchez Burga (ORCID: 0000-0003-4049-9267)

**ASESOR:**

Mg. Susy Giovana Ramos Gallegos (ORCID: 0000-0003-2450-9883)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA - PERÚ**

2019

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de investigación a mis padres que han sido mis maestros en la vida y me enseñaron el valor del trabajo y el esfuerzo, a mi esposa que es mi bastón cuando pierdo fuerzas, mi compañera de vida, a mis hijas que son mi motor y motivo para seguir adelante, a mis hermanos que me dan siempre su apoyo y son mi ejemplo de profesionalismo, a mis maestros que tuvieron la paciencia para compartir sus conocimientos, a mis compañeros y amigos que durante todo este periodo de estudio nos brindamos mutuamente apoyo y estímulo para cumplir con nuestra meta en común.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por darme a mi familia, a mi familia por apoyarme en mis estudios, a la Universidad César Vallejo y a sus docentes por sus conocimientos compartidos que formaron en mi al profesional que anhelaba ser.

## **PÁGINA DEL JURADO**

# DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



## Declaratoria de Originalidad del Autor


Yo, **VILCHEZ BURGA, Aldo Daniel** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

**“Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén – Cajamarca, 2019”**, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Lima 14 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor <b>VILCHEZ BURGA, Aldo Daniel</b>	
DNI: 10216515	Firma 
ORCID: 0000-0003-4049-9267	



## **Presentación**

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén-Cajamarca, 2019”, donde el objetivo principal fue determinar la manera como la ceniza de cascara de arroz puede estabilizar la subrasante de la vía de Evitamiento en la provincia de Jaén, región Cajamarca, 2019, por lo cuanto someto a vuestra consideración esperando que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniero civil.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iii
PÁGINA DEL JURADO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
ÍNDICE.....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO .....	16
2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	16
2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE.....	17
2.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	19
2.4. TÉCNICA, INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD....	22
2.5. PROCEDIMIENTO.....	23
2.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	25
2.7. ASPECTOS ÉTICOS.....	25
III. RESULTADOS .....	26
III. DISCUSIÓN .....	49
IV. CONCLUSIONES.....	53
V. RECOMENDACIONES.....	54
VI. REFERENCIAS .....	55
VII. ANEXOS.....	64

## RESUMEN

Esta es una investigación de diseño experimental cuyo objetivo general de esta investigación es comprobar la utilidad y eficiencia de la ceniza de cascara de arroz como material mejorador de suelos para el posterior uso de este como subrasante de la vía en mención, basándonos en las teorías que explican que gracias a su composición química (alto contenido de sílice), la ceniza de cascara de arroz una vez mezclada con la tierra crean una reacción puzolánica, la cual mejora las propiedades físicas del suelo.

También se consultó a recientes investigaciones para tener un alcance del porcentaje, con relación la muestra, que se adicionaría esta ceniza para conseguir un suelo que alcance las propiedades requeridas por las normas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones para ser considerado un suelo útil como subrasante (CBR mayor igual que 6), esta investigación contempla mezclas con 3%, 5% y 10% de ceniza, del total de la muestra, con el fin de encontrar la dosificación correcta que permita estabilizar la subrasante de la vía dentro de los parámetros aceptables.

La vía de Evitamiento tiene una longitud aproximada de 11.065 kilómetros. De esta vía se ha escogido como población el kilómetro 6 que es un sector donde el suelo presente necesidad de mejoramiento y que se encuentra cerca sembríos de arroz, en dicho punto tomamos la muestra de suelo. Y la muestra fue tomada en el kilómetro 6+300 por ser representativo de la zona.

Para comprobar la veracidad de la hipótesis se sometió las mezclas a los ensayos de calidad de suelos, CBR, Proctor Modificado, Granulometría, en un laboratorio especializado.

Los resultados fueron positivos, puesto que el CBR, la humedad óptima y la densidad máxima también se mejoraron en todas las mezclas planteadas, lo que demuestra la efectividad de la ceniza de arroz como estabilizador de suelos.

**Palabras claves:** Ceniza de cascara de arroz, estabilidad de subrasante, mejoramiento de vía



## ABSTRACT

This is an experimental design investigation whose general objective of this research is to verify the usefulness and efficiency of rice husk ash as a soil improver material for the subsequent use of this as a subgrade of the road in question, based on the theories that They explain that thanks to its chemical composition (high silica content), rice husk ash once mixed with the earth creates a pozzolanic reaction, which improves the physical properties of the soil.

Recent research was also consulted to have a percentage scope, in relation to the sample, that this ash would be added to obtain a soil that reaches the properties required by the regulations of the Ministry of Transportation and Communications to be considered a useful soil as an subgrade ( CBR greater than 6), this investigation contemplates mixtures with 3%, 5% and 10% of ash, of the total sample, in order to find the correct dosage that allows stabilizing the subgrade of the pathway within the acceptable parameters .

The Evitamiento road has an approximate length of 11,065 kilometers. From this route, kilometer 6 has been chosen as a population, which is a sector where the soil is in need of improvement and that is near rice fields, at which point take the soil sample. And the sample was taken at kilometer 6 + 300 for being representative of the area.

To verify the veracity of the hypothesis, the mixtures were subjected to soil quality tests, CBR, Modified Proctor, and Granulometry, in a specialized laboratory.

The results were positive, since the CBR, the optimum humidity and the maximum density were also improved in all the raised mixtures, which demonstrates the effectiveness of rice ash as a soil stabilizer.

**Keywords:** Rice husk ash, subgrade stability, road improvement

## I. INTRODUCCIÓN

La realidad problemática del tema nos dice que el mejor y más usado medio que facilita el transporte de personas y carga es la red vial, en un país donde estas no son adecuadas su crecimiento y desarrollo se ve atrasado. El uso de carreteras nos ayuda a satisfacer las principales necesidades de cada ciudad que son: salud, Alimentación, trabajo y educación; Y un país donde a la población le es difícil satisfacer esas necesidades es muy poco probable que los ciudadanos puedan desarrollar y mejorar su económica, de ahí la importancia para desarrollar un buen sistema vial.

El Perú por su geofísica presenta diferentes tipos de suelos algunos estables y otros muy arcillosos o limosos en los cuales o es conveniente edificar, cuando nos encontramos con estos casos lo correcto es mejorar esas características buscando elevar su estabilidad

El manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018) dice que para estabilizar de un suelo se debe mejorar las principales propiedades físicas utilizando procesos mecánicos y/o adicionados productos o aditivos químicos que pueden ser naturales o sintéticos, también nos dice que al estabilizar un suelo le estamos otorgando a este mejor resistencia mecánica y constancia en el tiempo de dichas propiedades

La región de Cajamarca se encuentra en la sierra noroeste del país, en la cual ubicamos a la provincia de Jaén con un territorio de 5232.57 km<sup>2</sup> a altura de 729 m.s.n.m. cuenta con suelos diversos predominando tipo arcilloso y arenoso.

Una de las normas del MTC (2014) nos dice que a los con suelos con CBR igual o menor a 6%, se le conoce como subrasante inadecuada o insuficiente, así mismo en los suelos donde se encuentran zonas húmedas o áreas blandas se le debe efectuar un estudio especial para establecer un método que sea el más conveniente, para nuestro que podría ser una estabilización o reemplazo de suelos.

El presente proyecto investigación busca utilizar un recurso que sea eficiente, económico y sé que encuentre en la localidad y en vista que la provincia de Cajamarca es el sexto productor de arroz en el Perú, los residuos del pilado de estos en los molinos, generaba una carga de desechos,

Estudios anteriores han demostrado que al incinerar los restos de las cascarillas de arroz se obtenía un material alto en sílice (94.1%). Las cenizas de cascara de arroz ha sido estudiada a modo de agente cementante, fabricación de concreto y morteros y estabilizador de suelos entre otros usos para la construcción, lo que nos lleva a sostener que es un material que sirve como mejorador, a su vez determinaremos la cantidad óptima para nuestro caso y su comportamiento como agente secundario al mesclado con cemento portland, todos esto mediante pruebas y estudios en laboratorio, con muestras de suelos que obtendremos de las calicatas sacadas en un tramo de la carreta en mención.

Para la elaboración del presente proyecto de investigación se buscó antecedentes internacionales y nacionales que puedan respaldar nuestra investigación y así encontramos a:

**Caamaño, Iván** (2016) que nos dice 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 Granada, Bogotá D.C. – Colombia. 2016. Cuyo objetivo principal fue: Buscar la mejora para el suelo blando a nivel de sub rasante a través de las mejoras de sus propiedades físicas y geo-mecánicas con el fin de conseguir un mejor comportamiento mecánico. Esta investigación de diseño experimental y en sus conclusiones nos dice que las cenizas de cascarilla de arroz favorece en disminuir la plasticidad del suelo, Esto lo podemos ver tanto en el aumento de la consistencia como en el comportamiento físico del suelo. La ceniza de cascara de arroz produce una importante contribución a la resistencia inconfineda del suelo, y tiene como conclusiones que el 4 % es el mejor porcentaje de adición de ceniza de cascara de arroz en los cuales se ven las más favorable mejoras de las propiedades tanto físicas como mecánicas de las muestras, Tales resultados nos indican que estas cenizas, causan una reacción cementante en el suelo, debido a las propiedades puzolánicas que posee, lo que se traduce en una mayor resistencia del suelo subrasante.

El Autor nos aporta que hay que prestar especial atención al ensayo Proctor en lo referente a la humedad óptima, para una adecuada simulación de los diversos escenarios de compactación de en campo. Finalmente nos dice que hay que ver a la ceniza de cascara de arroz como una alternativa recomendable para el mejoramiento de suelos blandos a nivel subrasante, desde un punto de vista económico y sustentable. También encontramos a

**Bryan - Illidge** (2017) “Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarrilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento”. Trabajo de grado presentado para obtener el título de ingeniero civil en el programa de ingeniería civil de la facultad de ingeniería civil de la universidad de la Salle, Bogotá D.C. –Colombia 2017. El como objetivo principal fue: Estudiar el modo que la cascara de arroz y las cenizas volantes transforma un suelo altamente plástico para su empleo como sub rasante de un pavimento. Siendo esta tesis de diseño experimental.

Que tiene las siguientes conclusiones: Mientras se adicionaba la ceniza volante se muestra un aumento importante de la resistencia del suelo que se evidencia en una mayor capacidad de soporte CBR de 2.02% a 3.76%, al adicionar 30% de ceniza volante y 6% de cascara de arroz. Siendo estos porcentajes los más recomendables para cumplir el valor mínimo solicitado para pavimentos que es el 2%, siendo esta mezcla la que consiguió los resultados más óptimos en los ensayos CBR

Se consiguió notables mejoras aumentando la resistencia del suelo, disminuyendo la plasticidad, consiguiendo disminuir las deformaciones y una notable crecida en la resistencia al momento de afrontar esfuerzos cíclicos, demostrando que la opción de las cascara de arroz y ceniza volante son factibles tanto en lo económico como en lo ambiental para posibles soluciones de problemas en el área de construcción.

El autor nos aporta que para obtener una mejor seguridad y certeza de los resultados nos debemos centrar en los parámetros de la humedad óptima y también en la densidad máxima seca para lo cual recomienda utilizar el ensayo Proctor estándar.

Para tener un confiable diseño de pavimento se debe prestar atención al comportamiento dinámico de toda las materias granular o también cohesivo al momento de realizar los ensayos MR y CBR, estos se debe hacer en todas las capas del pavimento.

Por ultimo nos recomienda hacer múltiples investigaciones análogas a estas para crear tendencia y ecuaciones que detallen comportamientos de las muestras analizadas.

Así mismo otra investigación que me sirvió mucho es la de:

**Clavería - Triana - Varón** (2018) en sus tesis “Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante” Tesis de grado en la facultad de ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué - Colombia 2018. Tuvo como objetivo general: Describir la conducta

geotécnica de un suelo de origen volcánico que fue estabilizado mediante con ceniza de cascara de arroz y bagazo de caña, para su posterior empleo como material de subrasante. Se utilizó una metodología tipo Experimental y descriptiva y sus conclusiones más importantes fueron:

Las cenizas de cascara de arroz y bagazo de caña brinda un gran contribución en la resistencia del suelo, comparándolo con los escenarios iniciales. Esto nos demuestra que estos residuos agroindustriales producen un efecto cementante gracias a las propiedades puzolánicas que poseen, todo esto lo podemos comprobar con los resultados de los ensayos que evidencia una mayor resistencia del suelo de origen volcánico luego de adicionar las cenizas. También se observa que en ambos casos cuando menos es la densidad más grande es la absorción de agua, por lo que mediante resultados conseguidos, se establece para el caso el mejor resultado se obtuvo fue al adicionar 10% de ceniza de cascara de arroz a la mezcla y en el caso del ceniza de bagazo de caña es de 15% del valor de la mezcla, en ambos casos se consiguió mejorar tanto las propiedades físicas como las mecánicas del suelo en mención. Debemos entender que para buscar un mejor resultado se debe entender que la densidad y la humedad del suelo intervienen forma conjunta en la respuesta geotécnica y CBR del suelo.

Los resultados nos concluyen en un aumento de las propiedades tanto físicas como mecánicas del suelo en mención, gracias a las cenizas de cascara de arroz y al bagazo de caña, las cuales son una opción atractiva tanto por ser sustentablemente ambiental así como económica.

El autor también nos aporta que al utilizar las cenizas de cascara de arroz para estabilizar un suelo que al 5% de la mezcla se obtuvo un CBR de 100% así mismo en esa dosis se obtuvo la menor absorción de agua, se debería confeccionar los proyecciones de resistencia con esta cantidad y ver su comportamiento.

Al realizar la caracterización del suelo volcánico, se debe tener muy en cuenta los cambios de humedad, puesto que estos cambios los hace susceptibles y muy sensibles.

Efectuar análisis químicos de las cenizas y del suelo para determinar sus propiedades químicas y predecir su comportamiento al momento de la mezcla y así entender porque se gana o se pierde resistencia. Otro antecedente internacional que me ayudo al desarrollo fue el de:

**Chicaiza - Oña** (2018) “Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz” Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero civil, mención estructuras en la Escuela Politécnica Nacional Quito – Ecuador 2018. Proyecto que tuvo como objetivo: Ensayar la causa de cómo se estabilizan las arcillas

expansivas mediante la adición puzolana conseguida de las cenizas de cascara de arroz, para intervenir en la enorme presión de expansión y expansión libre del suelo la cual se produce con el aumento de humedad. Esta Tesis es del tipo de diseño experimental y nos dice en sus conclusiones: Que al aplicar el 30%, del valor de la mezcla, de ceniza de cascara de arroz a nuestra muestra de suelo llegamos a disminuir el porcentaje de expansión en un 65.03% mientras que al adicionar el 10 % se reduce en 7.52% y al adicionar un 20% la reducción de la expansión es solo de 38.20%. Mientras que al adicionar el 10%, del valor de la mezcla, de las cenizas de cascara de arroz a las muestras la permeabilidad se reduce en un 90% y con las demás dosis nuestras muestras ensayadas se convierten en no permeables.

Los resultados del laboratorio sobre los ensayos de corte directo realizados a muestras de arcillas estabilizadas mediante la adición de ceniza de cascara de arroz nos indican una mejora notable en la resistencia confiada. Mientras que con las mezclas de 10% y 20% el Angulo de fricción obtenido aumento en 47.19 % y 72.71% respectivamente, mientras que para la mezcla que se le adiciono el 30% de ceniza de cascara de arroz esta resistencia aumento hasta un 91.83%.

Por lo tanto se concluye que se ha demostrado que la implementación de este método de estabilización de suelo mediante ceniza de cascara de arroz es realizable puesto que este método experimental logro reducir el potencial expansivo y demostró ser un procedimiento posible para solucionar diversos problemas en el diseño y desarrollo de la planificación de obras de construcción, que tengan relación con lo explicado en este proyecto.

El Autor nos aporta diciendo que al realizar la disminución del potencial de expansión del suelo, con ceniza de cascara de arroz, se debe considerar rangos de entre 20% y 30% puesto que con estos porcentajes se consiguió los mejores resultados. Así mismo que se debe alcanzar una compactación del suelo donde la densidad seca máxima sea del 95% o superiores para así obtener mejores resultados

Debemos tener en cuenta que la cascara de arroz al ser incineradas disminuyen en una razón de 5:1 lo que quiere decir que para obtener 1 kilo de ceniza se debe incinerar 5 kilos de cascara de arroz.

Como último antecedente internacional citamos a:

**Castillo** (2017) en su tesis “Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras” Tesis previa a la obtención del grado de Máster en Ingeniería en Vialidad y Transportes en la Universidad de Cuenca, Cuenca - Ecuador 2017. El objetivo principal de esta tesis fue: conseguir la estabilización de suelos arcillosos hallados en el Km 3+000 del paso lateral de Macas identificados con un CBR menor al 5% y que sus límites líquidos sean superiores al 100%, para su posterior empleo, en carreteras de pavimento flexible, como subrasante. Investigación de diseño experimental, que tuvo las siguientes conclusiones: Luego de agregar la cal al suelo este presentó una baja significativa de 3.12% en la reducción de humedad, en este estado el suelo es más conveniente a someterse al proceso de compactación. El resultado de esta mezcla suelo-cal, se puede comparar al comportamiento de otros suelos al que se les aplican procesos de secado bajo humedades del 60% en relación a los límites de plasticidad y compactación contemplado en la investigación. Al adicionar la cal viva hasta un 20%, a la muestra en estado natural, ocasiona una reducción de su límite líquido del 169% al 153.9%, al adicionar más cal la reducción del límite líquido es muy pequeña por otro lado al mezclar un 10% de cal viva con muestra de suelo natural se observa un aumento de su índice plástico de 118.1% a 143.8%, al adicionar más cal el aumento del índice de plasticidad es poco significativo.

También se consiguió una disminución de la densidad máxima seca a mientras más porcentajes de cal se añadía, lo que condujo al aumento de la humedad óptima en un 9%. Mientras que el CBR aumentó aproximadamente un 15.8% por cada porcentaje de cal añadido, estos resultados también nos indican que en relación a la resistencia del corte y flexión del suelo se obtienen mejoras poco importantes.

Finalmente se concluye que si se puede estabilizar un suelo que tenía un CBR menor del 5% y un límite líquido de 100% adicionando un 16% de cal viva respecto al peso de la muestra seca y así cumplir los requerimientos para un subrasante y cimientos indicados en la norma NEVI(2012).

El Autor no aporta que si trabajamos en suelo con humedad alta se debería trabajar con la energía estándar de compactación esto puesto que siempre se trabajara en el área húmeda, su beneficio será menor al trabajarlo con energía modificada, asimismo se debe estudiar el comportamiento del suelo estabilizado en un plazo mayor de tiempo, por ser un suelo con gran contenido de material orgánico. Por lo que es recomendable que cuando se ejecute el diseño del pavimento flexible con subrasante estabilizados se efectuó un modelo analítico, basado en las instrucciones y normas vigentes de la zona.

Otros antecedentes que podemos citar, esta vez nacionales, encontramos a:

**Castro** (2017) en su tesis “Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante” Tesis para obtener el título de ingeniero civil en la escuela de ingeniero civil de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Ingeniera, Lima – Perú, esta tesis tuvo como objetivo Principal: Establecer si los suelo arcillosos sometidos a una estabilización mediante las cenizas de cascara de arroz pueden ser luego utilizados para subrasante de un pavimento. Esta tesis de tipo experimental en sus conclusiones nos dice: Los estudios de la presente investigación indican que si es posible estabilizar un suelo arcilloso adicionándole cenizas de cascara de arroz y se evidencia esto en los cambios favorables del suelo haciendo posible su utilización como material de subrasante, así mismo se determina que esos cambios favorables son mayores cuando a la mezcla se le adiciona cal.

En la mezcla suelo arcillosos-cenizas de cascara de arroz, se evidencia que la resistencia a la compresión no confinada aumenta de  $6.91 \text{ Kg/Cm}^2$  a  $8.77 \text{ Kg/Cm}^2$ , mientras que para la mezcla suelo arcilloso-ceniza de cascara de arroz- cal, esta aumenta de  $6.91 \text{ Kg/Cm}^2$  a  $9.96 \text{ Kg/Cm}^2$ . En ambos análisis se utilizó un contenido del 10% de la muestra.

También observamos que a medida que se adiciona la ceniza de cascara de arroz el carácter expansivo de la muestra de suelos se inhibe alcanzando valores de hasta 0% de expansión.

El autor de la tesis nos aporta que la ceniza de cascara de arroz actúa mejor cuando es un estabilizador secundario, debido a la presencia de sílice reactiva y a la poca cantidad encontrar de calcio en el suelo lo que nos limita las combinaciones a la hora de formar productos cementantes. También nos dice que la ceniza de cáscara de arroz posee una adecuada reactividad. Esto posiblemente se debe a la gran cantidad de sílice que posee y al tamaño de partículas el cual es un factor influyente en la reactividad. Con el fin de recabar datos más exactos se debería realizar pruebas en campo, así lograremos saber si hay reacciones similares



entre estas y los ensayos efectuados en laboratorio. Desde el punto de vista que se plantea a la ceniza de cascara de arroz como agente estabilizador secundario, se debería investigar combinaciones que contengan otros tipos estabilizadores como por ejemplo otras cenizas volantes, cementantes, aditivos químicos, etc. Así mismo tenemos a:

**Días** (2018) “Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv. San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018” Tesis para obtener el título de ingeniero civil en la escuela de ingeniería civil de la universidad Cesar Vallejo, Lima – Perú, esta tesis tuvo como objetivo principal es: Investigar cómo puede aportar la ceniza de cáscara de arroz en el mejoramiento de la subrasante para la carretera Dv. San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018. La investigación es de diseño experimental, teniendo como conclusiones más relevantes que se logró aumentar el valor CBR para la combinación planteada, empero, dicha mezcla nos ha permitido poder alcanzar valores mayores de capacidad de soporte de resistencia. Adicionando un 20%, del valor de la muestra, de cenizas de cascara arroz se ha tenido como resultado una máxima densidad seca del suelo, lo que evidenciamos en las conclusiones del ensayo Proctor modificado que evidencia un crecimiento de 9.7% a 15.2%.

Debido a que las cenizas de cáscara de arroz atraen menor cantidad de agua, al agregar más de esta a la mezcla el porcentaje de absorción del suelo se reducirá notablemente.

Por último autor nos aporta que: Quedó demostrado que si es posible estabilizar un suelo al que adicionamos cenizas de cascara de arroz, pero esto depende de varios factores como las climatología de la zona, las propiedades químicas del suelo y la variedad del arroz por lo que se recomienda hacer más investigaciones con otro tipo de suelos.

También encontramos a:

**Maldonado - Sarrin** (2018) “Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle San Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma – Ancash - 2018” Tesis para sustentar el grado de ingeniero civil en la escuela de ingeniería civil de la universidad Cesar Vallejo, Chimbote-Perú 2018. Tuvo como objetivo principal: Analizar cómo influye la ceniza de cascara de arroz sobre las propiedades del suelo del valle San Rafael al ser adicionado con porcentajes de 5%, 10% y 15%.

Investigación de diseño experimental que tuvo como conclusión principales: Que los porcentajes propuestos de adición de ceniza de cascara de arroz son favorables al mejoramiento del suelo logrando su estabilización mediante un cambio en sus propiedades.

Según el análisis térmico diferencial efectuado es a los 450°C que se llega al pico exotérmico y es ahí donde se produce la reacción de oxidación de la parte orgánica de la cascara de arroz y se forma el SiO<sub>2</sub>

Los resultados en laboratorio del ensayo Proctor modificado nos arroja nos dice que las ceniza de cáscara de arroz al ser agregadas al suelo en las proporciones propuestas, 5%, 10% y 15%, presenta una gran mejora de sus propiedades mecánicas con relación a la compactación.

Los resultados en laboratorio del ensayo del CBR a la muestra, nos dice que la capacidad portante de la muestra de suelo de la zona del proyecto sufre una mejora al agregársele las cenizas de cascara de arroz en un porcentaje de 10%, en relación a la muestra, de un CBR de 5.98% mejora a 15.20%, consiguiendo la meta de tener un suelo estabilizado apto para ser utilizado como subrasante.

El autor nos aporta que las cenizas de cáscara de arroz es una interesante opción para estabilizar suelos arcillosos y que tiene un costo mucho menor en comparación a la técnica común de reemplazo de material, obteniendo para este proyecto un ahorro de 26.91% en relación a la partida de estabilización de suelos del expediente técnico.

Los resultados de esta investigación que podemos contrastar con la investigación de **Pérez (2017)** “Influencia de la mezcla del cemento portland y la ceniza de cáscara de arroz para mejorar la sub rasante de la carretera puerto los Ángeles - Playa Hermosa, provincia de Moyobamba - San Martín – 2017” Tesis para obtener el título de ingeniero civil en la universidad Cesar Vallejo, Moyobamba – Perú, 2017. Tuvo como principal objetivo: Establecer cómo influye de la mezcla del cemento portland-ceniza de cáscara de arroz, en el mejoramiento de la subrasante en la carretera Puerto los Ángeles - Playa Hermosa, provincia de Moyobamba - San Martín – 2017, Tesis de diseño Pre experimental que en sus conclusiones nos dice: Según los ensayos CBR realizados hemos verificado que la mezcla propuesta, cemento portland-la ceniza de cáscara de arroz, interviene positivamente en los suelos mejorando su resistencia, incluso en la muestra más crítica el CBR llegó a un 60.43% por lo cual si cumple como material para subrasante.

Para suelos tipo CL la dosificación sería 15% cenizas de cascara de arroz y 6% cemento portland.

Para suelos tipo ML 10% la dosificación sería 10% de ceniza de cascara de arroz y 6% de cemento portland; Mientras que para suelos tipo CH la dosificación sería 20% de ceniza de cascara de arroz y 6% de cemento portland.

El autor nos aporta que se ha comprobado que se puede bajar costos en mejoramiento de suelos a nivel de subrasante al efectuar esta técnica de diseño propuesta cemento portland- ceniza de cáscara de arroz-suelo.

Finalmente citamos a la investigación de

**Llamoga** (2017) “Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016” Tesis par optar el título de ingeniero civil en la escuela de ingeniería civil de la universidad Privada del Norte, Cajamarca –Perú 2017, cuyo objetivo general fue estudiar la capacidad portante y el nivel de expansión de un suelo catalogado como arcilloso luego de adicionarle ceniza de cascara de arroz, para su posterior uso como subrasante. Investigación es de tipo de diseño experimental y obtuvo las siguientes conclusiones:

La conjetura resulto positiva para la adiciones de ceniza de cáscara de arroz en porcentajes de 4% y 7%; Con estos porcentajes de ceniza adicionado, a la muestras de suelo, su capacidad portante incrementa y el potencial de expansión disminuye, lo que queda demostrado con los resultados del CBR que registro un aumento de 2.85% a 4.52% y de 2.85% a 7.8% respectivamente; curiosamente sucede lo contrario cuando se adiciona un 10% de ceniza de arroz a la muestra, puesto que se verifica que incrementa el índice de plasticidad y en el ensayo de CBR que registra una disminución de 2.85% a 2.00%.

El autor nos aporta que se debe continuar con los estudios donde se pueda utilizar porcentajes desde 10% hasta 20% de ceniza de cáscara de arroz, puesto que se ha comprobado que este material tiene las propiedades para ser un potencial estabilizador de suelos, así mismo recomienda extender este estudio hacia los suelos arenosos y registrar su comportamiento luego de la adición de estas cenizas y posteriormente realizar un estudio económico que enfrente a este material de propuesto frente a las convencionales como por ejemplo: cal cemento, químicos, sintéticos, etc.

Para la elaboración del presente proyecto de investigación nos encontramos con varias teorías que están relacionadas con el tema como es la Producción de arroz en el país, puesto que es el insumo principal que usaremos, para lo cual el MINAGRI en su informe de coyuntura del arroz

(2018) nos dice que en los últimos 17 años sea incrementado la producción nacional de arroz en forma continua a un ritmo de 2% por año en promedio, excepto el 2004, año que bajo la producción por motivos climatológicos, con un incremento de su rendimiento de 0.4% al año en promedio.

Se debe entender que el arroz cascara antes de llegar al consumidor final debe pasar por procesos de pilado y luego por el pulido para conseguir el arroz blanco, para estos procesos el productor debe llevar su producto a los molinos, de esta transformación se desprende un desecho que es la cascara de arroz la cual al acumularse al no tener un fin específico causa un problema. De este producto saldrá nuestra materia prima que es la Ceniza de cascara de arroz de lo cual Carvajal P. (2015), nos dice que el método de mayor auge para conseguir estabilizar y/o mejorar un suelo ha sido el uso de cenizas volantes, superando en cantidad a otros métodos de estabilización y/o mejoramiento como los son el cemento, las escorias, el metacaolín, el humo de sílice, las cenizas de cascara de arroz, entre otros.

El compuesto fundamental de la cascara de arroz es el sílice amorfa, la cual al hacerla pasar por un proceso térmico podemos obtenerla en forma de ceniza y en un grado de pureza muy significativo, a la cual se le busca aprovechar y darle un valor agregado a dichos productos (Camargo, Higerá, 2017)

En relación a los tipos de suelos tenemos a los Suelos Blandos.

Sánchez–Campagnoli 2016. Estos autores nos dicen que: No existe una definición normalizada de los que se entiende por suelos blandos en términos de sus propiedades físicas y mecánicas, la mineralogía o el origen geológico. Sin embargo, el término se suele aplicar a aquellas arcillas inorgánicas que se caracterizan por presentar una consistencia blanda o muy blanda, muy escasa resistencia al corte y alta compresión, lo que hace susceptibles de sufrir asentamientos y deformaciones considerables que pueden producir efectos perjudiciales sobre el comportamiento de un pavimento. (p.198)

Otro tema importante que debemos conocer es la subrasante la cual el MTC en el Manual de Carreteras (2016) nos explica que la subrasante es la extensión de tierra de tierra, que es el resultado del corte y relleno en la etapa de movimiento de tierra, sobre la cual descansa el pavimento o afirmado se le denomina Subrasante. También se dice que es la parte plana del terreno natural aplanado que conjuntamente con la estructura del pavimento forman parte del prisma o matriz de la carretera.

Es la última capa del terraplén o la base en la excavación de un terreno el cual aguantara la estructura del pavimento, lo constituye suelos con características aceptables que son sometidos previamente a un proceso de compactación por capas con el fin de consolidar un cuerpo de tierra de firme y en excelente estado de manera que la carga de tránsito que soporte no la afecte. Esto nos conlleva a citar el tema de la Estabilización de suelos. Que se define como los procesos de mejoramiento tanto de las propiedades físicas y/o propiedades mecánicas de un suelo, se le conoce como estabilización de suelos, estos procesos pueden ser mecánicos o adicionando productos químicos, sintéticos o naturales. Luego de los procesos de estabilización se procede a calcular su capacidad portante en laboratorios, mediante el ensayo CBR; El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), en las normas vigentes a la fecha, considera un suelo con el  $CBR \geq 6\%$  apto para usarse como sub rasante.

Entre los métodos de mejoramiento encontramos a los de mejoramiento con productos químicos, la cual se podemos decir que el mejoramiento con productos químicos constituye una buena alternativa para modificar las propiedades indeseables de algunos suelos, de manera de hacerlos más competentes como subrasantes. Por lo general, lo que se busca con ellos es mejorar algunas de las propiedades típicas de los suelos (mejorar su trabajabilidad, brindar una plataforma de trabajo resistente y reducir la vulnerabilidad del suelo al agua), pero no el incremento significativo en la resistencia que se persigue cuando se desea que a capa estabilizada forme parte de la estructura del pavimento. No obstante, cualquier ganancia que se logre en su capacidad de respuesta se puede aprovechar para el diseño del pavimento.

La cal reacciona con suelos de plasticidad media y alta mejorando su trabajabilidad, reduciendo su potencial expansivo e incrementando su resistencia. Las variedades más comunes de cal para el mejoramiento de suelos son la hidratada  $[Ca(OH)_2]$  y su variación dolomítica  $[Ca(OH)_2 * MgO]$ . La cal viva (CaO) es normalmente más eficaz que las anteriores en el mejoramiento de los suelos arcillosos, en especial cuando se busca reducir la humedad, pero su empleo debe ir acompañado de grandes precauciones de seguridad, debido a sus efectos cáusticos. Empleada en conjunto con ceniza volante (fly ash), la cal desarrolla una reacción puzolánica que resulta apropiada para la estabilizar suelos principalmente limosos, con poco fino plástico o sin ellos.

La reacción Puzolánica es una reacción cementante de carácter lento originada en la reacción entre el calcio, el sílice y la alúmina del tamaño coloidales, que terminan en la formación de complejos compuesto de silicato de aluminio-silicatos cálcicos.

Numerosos productos mejoradores o estabilizantes “no tradicionales” han entrado al mercado durante los últimos 30 años, con diferentes reivindicaciones en relación con sus comportamiento. Entre ellos se encuentran los polímeros naturales, las resinas de petróleo, las dispersiones poliméricas, los aceites sulfonados, los aceites sintéticos y las enzimas orgánicas. Algunos están protegidos por patentes y sus formulaciones no son accesibles al público. A la fecha han sido escasos los ensayos independientes a la escala real que permitan certificar su efectividad a largo plazo. Debido a ello y a la usencia de especificaciones formales sobre su empleo dentro de la normativa de las agencias viales de mayor tradición en el mundo. (Sánchez F. y Campágnoli S. 2016 pp. 226-229)

También podemos encontrar la Estabilización con ceniza volante. Para lo cual Das, Braja (2014) Nos dice: Que el producto de la quema de carbón pulverizado se les denomina cenizas volantes, que se ve comúnmente en las plantas que generan energía eléctrica. Esta ceniza está compuesta primordialmente por sílice, alúmina y deviseros óxidos y álcalis Tiene una contextura de polvo fino y granulado. Este es un material naturalmente Puzolánico que al reaccionar con la cal hidratada nos da un producto cementoso. Es por este último motivo que la mezcla de ceniza volante y cal se pueden utilizar para la estabilizar suelos a nivel de base y también a nivel subrasante en la implementación de carreteras. Las mezclas Ceniza-Cal con mejores resultado son las que adicionan entre 10 a 35% de ceniza volante con 2% a 10% de cal, siempre dependiendo del tipo de suelo a mejorar, esta mezcla se debe compactar teniendo especial cuidado al momento de humedecerla para así tener un buen suelo.

El presente proyecto de investigación se plantea un problema general que es

¿De qué manera la aplicación de ceniza de cascara de arroz ayuda a estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén -Cajamarca 2019?,

De este problema surgen los siguientes problemas específicos:

¿De qué manera la ceniza de cascara de arroz mejora la resistencia al esfuerzo cortante de la vía Evitamiento, Jaén -Cajamarca 2019??

¿De qué manera la ceniza de cascara de arroz mejora el óptimo contenido de humedad de subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019?

¿De qué manera la ceniza de cascara de arroz mejora la máxima densidad seca de la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019?

Esta investigación se **Justifica principalmente** en la importancia de las vías de comunicación estas son primordiales para el desarrollo de un país, su implementación en las diversas localidades se ve afectada y atrasada por diversos problemas entre ellos los diferentes tipos de suelo con que cuenta nuestra región, siendo el suelo arcilloso el más desfavorable para soportar un pavimento, esto conlleva a la necesidad de mejorar el suelo a nivel de subrasante generando un costo que se ve reflejado en el incremento del presupuesto de la ejecución de la vía.

Otra Justificación que puedo citar es la:

**Justificación Teórica.** Puesto que la presente investigación trata de demostrar un método diferente de mejorar la estabilidad de la subrasante por medio de la aplicación de las cenizas de cascara de arroz, estas son un subproducto de una de las actividades agrónomas de la región donde se construirá la vía de Evitamiento. Así mismo tenemos la siguiente:

**La justificación Económica** plantea que: La Ceniza de cascara de arroz al ser un sub producto de desecho y que encontramos en la zona del proyecto, es más económico que los mejoradores tradicionales. Costo que se va reflejar en el presupuesto el proyecto de la vía. Este concepto nos da la siguiente justificación:

**La justificación Ecológica.** Porque La ceniza de cascara de arroz es el desecho final producto de quemar de la cascara de arroz, la cual se acumula sin tener un uso y terminando en botaderos, al darle un uso racional deja de ser un desecho para convertirse en un material, cambio que beneficia al medio ambiente. Y por último la suma de estas justificaciones no da la siguiente:

**La justificación social** porque La ceniza de cascara de arroz al ser utilizada la como mejorador se le está dando un valor agregado al producto de los agricultores de arroz que pueden ver una ganancia extra en lo que antes era un desecho de su cosecha.

La presente investigación se respalda en una **Hipótesis Principal** que nos dice:

La aplicación de la ceniza de cascara de arroz, gracias a su alto contenido de silicio, puede estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.

De esta misma podemos encontrar tres **Hipótesis específicas**:

La aplicación de la ceniza de cascara de arroz aumenta la resistencia al esfuerzo cortante del suelo lo cual contribuye a estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.

La aplicación de la ceniza de cascara de arroz contribuye a mejorar el óptimo contenido de humedad en el suelo a nivel subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.

La aplicación de la ceniza de cascara de arroz mejora la máxima densidad seca del suelo lo cual contribuye a estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.

**El Objetivo general** de esta investigación es:

Determinar como la ceniza de cascara de arroz estabiliza la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.

De este podemos puntualizar tres **objetivos específicos** que nos ayudan a desarrollar la investigación y son:

Analizar como la ceniza de cascara de arroz mejora de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo para estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.

Determinar cómo la ceniza de cascara de arroz mejora el óptimo contenido de humedad de la subrasante en la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.

Determinar cómo la aplicación ceniza de cascara de arroz mejora la máxima densidad seca de la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.



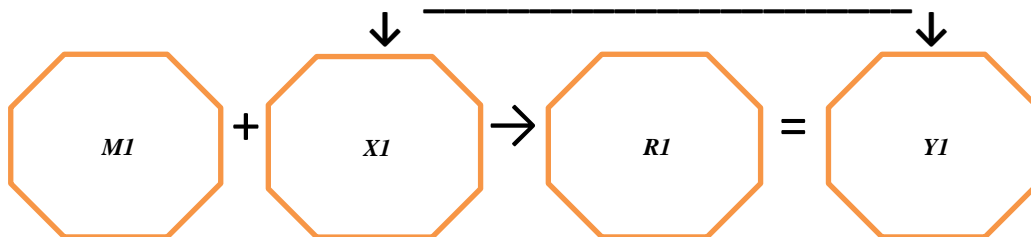
## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación.

#### Tipo de Investigación.

Nos dice que: “La investigación aplicada busca conocer para hacer, actuar, construir y modificar; le preocupa la aplicación inmediata sobre la realidad concreta”

En el presente proyecto de investigación se busca, mediante estudios experimentales, la posibilidad de la aplicación de un nuevo método para resolver un problema planteado.



Dónde:

**M1: Muestra de suelo**

**X1: Variable Independiente**

**R1: Resultado**

**Y1: Variable Dependiente**

Por consiguiente cabe indicar que el este proyecto de investigación es del tipo de investigación aplicada

#### Diseño de Investigación.

Valderrama (2018) Nos Explica el diseño experimental sucede cuando de forma deliberada manipulamos o alteramos una o varias variables independientes con el fin de registrar los cambios producidos en las variables dependientes.

Durante el desarrollo de este proyecto de investigación se manipulara a la variable independiente la cual es la ceniza de cascara de arroz, en diferentes porcentajes (4%, 9%, 14%), con el fin de obtener resultados favorables y diferentes en mi variable dependiente que es la estabilidad de la subrasante.

Por lo tanto lo tanto esta investigación corresponde el tipo de diseño experimental.

## **2.2. Operacionalización de las variables.**

**La Variable Independiente se denomina:**

CENIZA DE CASCARA DE ARROZ

**La Variable dependiente se denomina:**

ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE

## Matriz de Operacionalización de las variables

APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE EVITAMIENTO JAÉN- CAJAMARCA, 2019					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p><i>Variable independiente</i></p> <p><b>Ceniza de cascara de arroz</b></p>	<p>La cascarilla de arroz mediante un proceso de quema controlada da origen a Ceniza de Cascara de arroz con un alto contenido de sílice convirtiéndose así, en una alternativa potencial para su uso en la industria de la construcción gracias a sus características puzolánicas. (Mattey, et al. 2015; 35 (2): 285-294)</p>	<p>La cascara de arroz luego de ser quemada, se planteara un diseño para definir los porcentajes que se agregaran a la muestra, teniendo en cuenta su propiedades químicas como es el Silicio, aluminio y hierro, para lo cual emplearemos porcentajes exactos y la ficha de evaluación química de la ceniza.</p>	<p>Diseño de mezcla: Suelo - ceniza de arroz</p>	<p>Porcentajes de ceniza de arroz que se adiciona 3%, 5% 10%</p>	<p>Balanza electrónica</p>
			<p>Propiedades físicas</p>	<p>Óptimo contenido de humedad</p> <p>Máxima Densidad Seca</p>	<p>Ensayo Proctor modificado</p>
<p><i>Variable dependiente</i></p> <p><b>Estabilidad de subrasante</b></p>	<p>El mejoramiento consiste en la alteración de las propiedades físicas o mecánicas de un suelo mediante un tratamiento físico o la adición de un producto, generalmente de tipo químico (Sanchez-Campagnoli PAC, p.225)</p>	<p>Luego de agregar la ceniza de cascara de arroz se espera los cambios favorables en las resistencia, humedad y densidad de la muestra esto se verá reflejado en los cambios de su CBR, índice de plasticidad y peso específico, tal como lo evidencia las fichas de los ensayos.</p>	<p>Resistencia al esfuerzo cortante</p>	<p>CBR mayor o igual que 6</p>	<p>Ensayo CBR</p>
			<p>Óptimo contenido de humedad</p>	<p>Índice de plasticidad Absorción Expansión</p>	<p>Ensayo de casa grande</p>
			<p>Máxima Densidad Seca</p>	<p>Peso específico Densidad Húmeda Densidad seca</p>	<p>Ensayo de Granulometría</p> <p>Ensayo Proctor modificado</p>

## **2.3. Población, Muestra y Muestreo**

### **Población**

Valderrama (2018) nos explica que para hallar la población hay que encontrar un conjunto de valores que representen a cada variable dentro del universo estadístico. De ello se debe recoger una muestra para su posterior análisis.

La población para el presente proyecto de investigación corresponde al terreno natural del sector que corresponde al trayecto entre la progresiva Km 6+00 hasta el Km 7+00 en la vía Evitamiento en Jaén, región Cajamarca. Se eligió este sector por ser donde se presenta el suelo más inestable con el CBR por debajo de lo recomendado por el MTC

### **Muestra.**

Ñaupas, (2014) Sobre el concepto de muestra refiere que: Es subconjunto o una parte seleccionada de la población, la cual es representativa del universo estadístico.

Para este caso la muestra son las muestras de suelo extraídas de 1 calicata, hechas en el Km 6+300, porque el Manual de Carreteras del MTC en el capítulo IV “Suelos” (4.2 Caracterización de la sub rasante– cuadro 4.1 Numero de Calicatas para Exploración de Suelos) indica 1 calicata cada Km.

### **Muestreo.**

Según Valderrama (2018) se define como: El método de seleccionar el fragmento que represente a la población, lo que permitirá evaluar la población como un valor numérico

El lugar de la calicata donde las muestras fueron recogidas fue escogido por el investigador según su criterio, buscando que sea más representativo de la zona y donde el suelo necesite estabilizar, por lo tanto el procedimiento de muestreo es el no probabilístico, intencional.

La calicata donde se tomó la muestra fue el la progresiva Km 6+300, en las coordenadas E0745524 – N9368751, al eje de la vía proyectada, este es un sector muy próximo a sembradíos de arroz, como se puede apreciar en las gráficos 1, 2, 3; Esto resulta muy oportuno para la presente investigación porque el insumo principal de la investigación estará muy cerca

Gráfico n°1: Vía de Evitamiento en Jaén, Cajamarca



Elaboración propia

Gráfico n°2: Vía de Evitamiento en Jaén, Cajamarca



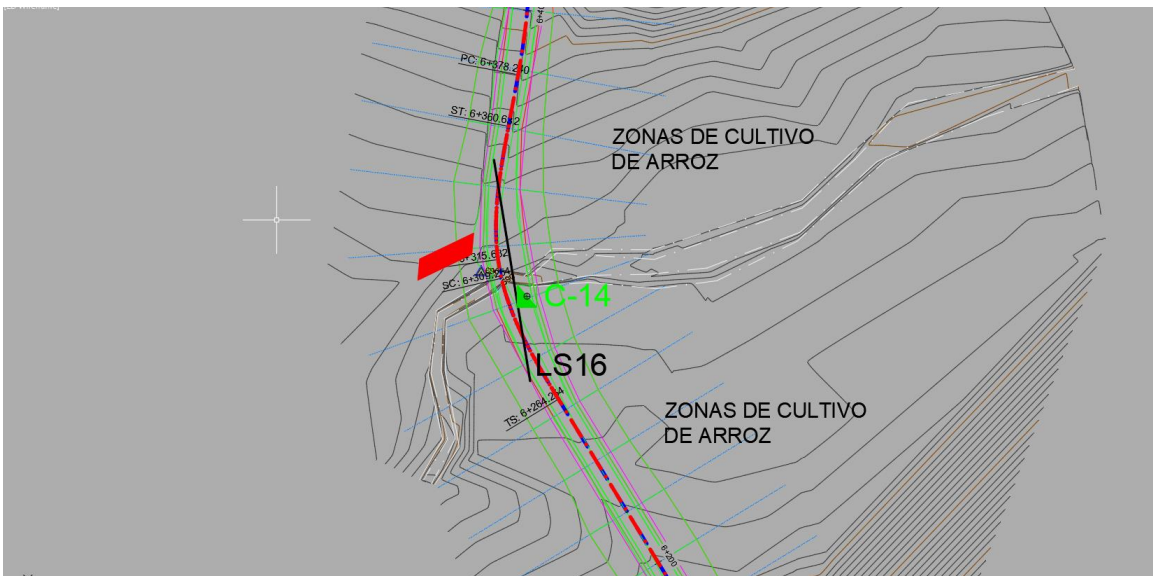
Elaboración propia

Gráfico N°3: Ubicación del tramo tomado como población



Fuente: Google Erarte

Gráfico N°4: Ubicación de la calicata en la vía Evitamiento en Jaén, Cajamarca



Elaboración propia

## **2.4. Técnica, Instrumentos de recolección de datos, Validez y Confiabilidad**

### **Técnica**

Valderrama (2018) citando a Hernández Samperio (2010) nos dice: El proceso de recolección de datos contempla hacer una estrategia explícita de procesos que nos conlleven a juntar datos para un fin determinado.

La práctica que se usará para durante el desarrollo de esta investigación será la observación directa.

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

(Valderrama, 2018) Explica: Todos los medios materiales que utilizaremos para recoger y acumular información relevante al proyecto se le denomina instrumentos de recolección de datos.

Durante este Proyecto de investigación se utilizaron fichas, formatos y protocolos vigentes en la normativa peruana las cuales han sido autorizadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, así mismo siguiendo la norma ASTM se desarrolló los siguientes ensayos:

- MTC E-107 Análisis granulométrico / norma ASTM D-422,
- Clasificación (AASHTO) / norma ASTM D-3282
- MTC E-108 Contenido de humedad ASTM D-2216,
- MTC E 110 / MTC E 111 Límite líquido y límite plástico e Índice de plasticidad / norma ASTM D-4318
- MTC E 115 Proctor modificado / norma ASTM D-1557
- MTC E-132- CBR / norma ASTM D-1883
- NTP 339.152 Ensayo para encontrar sales solubles en suelo y agua subterránea
- NTP 339.152 Ensayo para determinar los cloruros solubles en suelos y agua subterránea
- NTP 339.178 Ensayo para determinar los sulfatos solubles en suelos y agua subterránea
- MTC E 113 Ensayo para la gravedad específica de sólidos con picnómetro de agua
- NTP 339.176 Ensayo para determinar el potencial de hidrogeno en suelos y agua subterránea

**Validez.**

Todos los ensayos que se emplearan en el desarrollo de esta investigación serán realizados en un laboratorio de mecánica de suelos que se encuentre certificado y donde sus equipos tengan el certificado de calibración vigente. Todos los procesos estarán supervisados por un ingeniero especialista en el campo.

**Confiabilidad.**

Se ha verificado que todos los instrumentos y equipos a utilizarse en los ensayos cuenten con su certificado de calibración vigente así mismo que todos los procesos estén dentro de las normas ASTM y AASHTO validadas por el Ministerio de Transporte.

**2.5. Procedimiento.**

Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron varias actividades, de las cuales las principales o más significativas que se describen a continuación:

***Recolección de muestras de suelo:***

1. Se escoge la ubicación de las dos calicatas en el sector representativo a investigar.
2. Luego de hacer las calicatas se procede a extraer las dos muestras de suelo (1 de cada calicata) siguiendo la normativa MTC E 101
3. Se recolecta la cascara de arroz de los molinos más cercanos, hay que recordar que una vez incinerado el porcentaje que disminuye será de 5:1
4. Se procede al incinerado de las cascara de arroz y su posterior recolección.
5. Se traslada las muestras de suelo y las cenizas de cascara de arroz al laboratorio seleccionado en Lima.



### ***Ensayos en el laboratorio:***

Una vez teniendo las muestras de suelo y las cenizas de arroz en el laboratorio se procederá a hacer los siguientes ensayos:

MTC E 107 Análisis granulométrico de suelo por tamizado.

La importancia de este ensayo radica que nos ayudara a clasificar el suelo mediante el sistema SUCS y AASHTO

MTC E 108 Determinación del contenido de humedad de suelo

MTC E 110 Determinación de un límite líquido de un suelo

MTC E 109 Determinación del límite plástico de suelo y índice de plasticidad

Estos ensayos nos permiten determinar los límites de Atterberg.

MTC E 113 Ensayo para la gravedad especifica de solidos con picnómetro de agua

MTC E 115 Ensayo Proctor modificado

Este ensayo nos permite determinar la relación entre la óptima densidad y el ideal contenido de agua el suelo.

MTC E 118 Materia orgánica en suelos

MTC E 132 CBR de suelos.

Este ensayo nos permitirá encontrar el índice de resistencia al esfuerzo cortante del suelo.

NTP 339.152 Ensayo para encontrar sales solubles en suelo y agua subterránea

NTP 339.152 Ensayo para determinar los cloruros solubles en suelos y agua subterránea

NTP 339.178 Ensayo para determinar los sulfatos solubles en suelos y agua subterránea

NTP 339.176 Ensayo para determinar el potencial de hidrogeno en suelos y agua subterránea

### ***Análisis de resultados:***

Se procederá a la clasificación de las muestras de suelo sin alterar mediante el sistema AASHTO, posteriormente se le adicionara a cada una un porcentaje distinto de ceniza de cascara de arroz, mezclándolo uniformemente, para su posterior volver a pasar por los ensayos arriba mencionados.

Una vez procedas las mezclas los primeros resultado se compararan con los últimos y se analizará los cambios en las propiedades físicas de las muestras para finalmente determinar la afirmación o negación de la hipótesis.

## **2.6. Método de análisis de datos:**

Luego de tomar las muestras en las calicatas, indicadas anteriormente, estas serán sometidas a ensayos en los laboratorios de mecánica de suelos, para determinar sus propiedades naturales, posteriormente se adicionara, por separado, a las muestras los porcentajes determinados de cenizas de cascara arroz y se volverá a someter a los ensayos indicados para volver a determinar sus nuevas propiedades, todo estas pruebas se documentaran en fichas y formatos as mismo en el software MS Excel 2018 para la generación de histogramas y gráficos para su futura descripción e interpretación de los resultados.

## **2.7. Aspectos éticos:**

El Presente proyecto de investigación se ha desarrollado cumpliendo las normas ISO 690 y 690-2, teniendo especial cuidado al momento de citar y referenciar las fuentes que fueron consultadas, con el fin de respetar la propiedad intelectual y el derecho de autor.

De manera de comprobar lo dicho anteriormente, es que esta investigación se sometió a ser analizada por el Software denominado Turnitin, el cual se encarga de procesar y buscar coincidencias de otros proyectos a nivel mundial.

Apara el desarrollo de esta investigación nos basamos en aspectos éticos, al momento de adquirir, analizar y procesar los datos obtenidos los cuales son necesarios para la comprobación de las hipótesis planteadas, es decir no han sido ni manipulados o alterados.

### III. RESULTADOS

La Hipótesis principal nos dice:

La aplicación de la ceniza de cascara de arroz, puede estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.

Para comprobar la veracidad de esta Hipótesis en primer lugar se procede hacer una serie de ensayos que no indiquen, como primer punto, la clasificación y calidad del suelo que será sometido a nuestro estudio, los resultados de estos ensayos fueron los siguientes:

**Tabla N° 1: NTP 339.128 Ensayo para el Análisis Granulométrico**

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N°200 (75µm)</b>
<b>Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)</b>	<b>4.750</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>173</b>
<b>Peso suelo seco + tarro inicial (gr.)</b>	<b>678.4</b>
<b>Peso suelo seco + tarro inicial (gr.)</b>	<b>315.5</b>
<b>Peso del material pasante por la malla N° 200 (gr.)</b>	<b>362.9</b>
<b>Peso del tarro (gr.)</b>	<b>93.6</b>
<b>Peso del suelo seco inicial (gr.)</b>	<b>584.8</b>
<b>Material pasante por la malla N° 200 (%)</b>	<b>62.1</b>

Elaboración propia

**Tabla N° 2: NTP 339.127 Ensayo para determinar el contenido de humedad del suelo**

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	132
Peso de tarro + suelo húmedo (gr.)	538.6
Peso de tarro + suelo seco (gr.)	521.2
Peso del agua (gr.)	17.4
Peso del tarro (gr.)	94.0
Peso del suelo seco (gr.)	427.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.1

Elaboración propia

**Tabla N° 3: NTP 339.129 Ensayo para determinar Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad**

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	34	151	115	22	135	98
Peso cápsula + suelo húmedo (gr.)	33.72	37.61	39.51	34	30.35	31.45
Peso cápsula + suelo seco (gr.)	29.14	31.22	33.03	28.84	28.02	28.98
Peso del agua (gr.)	4.58	6.39	6.48	5.16	2.33	2.47
Peso de la cápsula (gr.)	18.76	16.23	17.46	16.14	17.72	18.31
Peso del suelo seco (gr.)	10.38	14.99	15.57	12.7	10.30	10.67
Contenido de humedad (%)	44.12	42.63	41.62	40.63	22.62	23.15
Numero de golpes	16	21	26	32	.-	.-

Elaboración propia

**Tabla N° 4: Resumen de Resultados de clasificación**

<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>(%)</b>	<b>NTP 339.129</b>	<b>42</b>
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	<b>(%)</b>	<b>NTP 339.129</b>	<b>23</b>
<b>IND. PLASTICIDAD</b>	<b>(%)</b>	<b>NTP 339.129</b>	<b>19</b>
<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>		<b>ASTM D</b> <b>2487</b>	<b>CL</b>
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>		<b>ASTM D</b> <b>3282</b>	<b>A-7-6 (10)</b>
<b>NTP 339.159 “descripción e identificación de suelos”</b>			
<b>Grava (Pas. 3” y Ret. N°4)</b>			<b>-.-</b>
<b>Arena (Pas. N° 4 y Ret. N° 200)</b>			<b>38.0 %</b>
<b>Fino (Pas. N° 200)</b>			<b>62.0 %</b>
<b>Descripción de la muestra: Arcilla arenosa de Baja Plasticidad</b>			
<b>Contenido de Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>NTP 339.127</b>	<b>4.1</b>

Elaboración propia

Otros resultados de ensayos que nos indican la calidad del suelo son:

**Tabla N° 5: MTC E 113.2016: Gravedad Especifica de los sólidos de suelo mediante picnómetro de agua**

<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>AGREGADO FINO</b>
<b>Peso material seco a 105 °C</b>	<b>(g.)</b>	<b>150.0</b>
<b>Peso Fiola + H<sub>2</sub>O</b>	<b>(g.)</b>	<b>661.6</b>
<b>Peso Fiola + H<sub>2</sub>O + Material</b>	<b>(g.)</b>	<b>811.6</b>
<b>Peso Fiola + H<sub>2</sub>O + Material seco</b>	<b>(g.)</b>	<b>758.6</b>
<b>Volumen del material</b>	<b>(cm<sup>3</sup>)</b>	<b>53.0</b>
<b>Gravedad Especifica</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.831</b>

Elaboración propia

**Tabla N° 6: MTC E 118: Materia orgánica en suelos (perdida por ignición)**

IDENTIFICACIÓN		RESULTADOS (%)
Peso material + Crisol (inicio)	(gr.)	50.00
Peso material + Crisol (final)	(gr.)	49.53
Peso Crisol	(gr.)	30.52
Peso de material (inicio)	(gr.)	19.48
Peso de material (final)	(gr.)	19.01
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	(%)	2.47

Elaboración propia

**Tabla N° 7 NTP 339.152: Ensayo normalizado para determinar el contenido de solubles en suelos y agua subterránea**

MATERIAL	SALES SOLUBLES (ppm)
SUELO	661

Elaboración propia

**Tabla N° 8 NTP 339.177: Ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea**

MATERIAL	CLORUROS EXPRESADOS COMO ION Cl (ppm)
SUELO	65

Elaboración propia

**Tabla N° 9 NTP 339.178: Ensayo para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea**

<b>MATERIAL</b>	<b>SULFATOS EXPRESADOS COMO ION SO<sub>4</sub> (ppm)</b>
<b>SUELO</b>	<b>259</b>

Elaboración propia

**Tabla N° 10 NTP 339.176: Ensayo para la determinación del potencial de hidrogeno (pH) en suelo y agua subterránea**

<b>MATERIAL</b>	<b>POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)</b>
<b>SUELO</b>	<b>8.04</b>

Elaboración propia

Así mismo determinamos algunas de las propiedades físicas de la cenizas de cascara de arroz Obteniendo los siguientes resultados de los ensayos

**Tabla N° 11 ASTM D 854: Ensayo Con 100% de Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>MATERIAL</b>	<b>GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS (GS)</b>
<b>Cenizas de cascara de arroz</b>	<b>1.89</b>

Elaboración propia

**Tabla N° 12 ASTM D-1557: Ensayo Con 100% de Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>MATERIAL</b>	<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	
	<b>Óptimo contenido de Humedad (%)</b>	<b>Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>Cenizas de cascara de arroz</b>	<b>52.50</b>	<b>0.88</b>

Elaboración propia

Una vez determinada su clasificación en sistema SUCS y AASHTO y comprobar la calidad del suelo con ensayos de orgánicos y químicos. Como segundo punto, se ha procedido a realizar los ensayos determinativos: CBR y Proctor Modificado, los cuales proporcionaran los indicadores del estado de suelo al natural, sin adicionar Ceniza de Cascara de Arroz, estos resultados después serán contrastados con los resultados de los ensayos al que fueron sometidas las mezclas indicadas.

Los resultados de estos ensayos fueron los siguientes:

**Tabla N° 13 MTC E 204: Ensayos Con 100% de Tierra natural / 0% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO</b>				
<b>GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA</b>			<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	
<b>Serie Americana</b>	<b>Ret. Parcial (%)</b>	<b>Pasa (%)</b>	<b>Límite Líquido (MTC E 111)</b>	<b>42</b>
<b>2"</b>			<b>Índice Plástico (MTC E 111)</b>	<b>19</b>
<b>3/4</b>				
<b>3/8</b>			<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	
<b>N° 4</b>		<b>100</b>	<b>SUCS (ASTM D-2487)</b>	<b>CL</b>
<b>N° 200</b>	<b>38</b>	<b>62</b>	<b>Vías transporte (ASTM D 3282)</b>	<b>A-7-6 (10)</b>
<b>&lt; N° 200</b>	<b>62</b>			

Elaboración propia



**Tabla N° 14: Ensayos Con 100% de Tierra natural / 0% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO</b>				
<b>Descripción</b>		<b>Espécimen N°1</b>	<b>Espécimen N°2</b>	<b>Espécimen N°3</b>
<b>Energía de compactación</b>	<b>(Kg-cm/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>27.4</b>	<b>12.2</b>	<b>6.1</b>
<b>Densidad seca antes del remojo</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.865</b>	<b>1.817</b>	<b>1.772</b>
<b>Humedad de compactación</b>	<b>(%)</b>	<b>12.8</b>	<b>12.8</b>	<b>12.8</b>
<b>Humedad de penetración</b>	<b>(%)</b>	<b>16.87</b>	<b>17.4</b>	<b>18.1</b>
<b>Absorción</b>	<b>(%)</b>	<b>3.9</b>	<b>4.6</b>	<b>5.3</b>
<b>Expansión</b>	<b>(%)</b>	<b>3.79</b>	<b>4.38</b>	<b>5.08</b>
<b>Tiempo de Embebido</b>	<b>(días)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Sobrecarga</b>	<b>(Kg)</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>

Elaboración propia

**Tabla N° 15 MTC E 115: Ensayo Con 100% de Tierra natural / 0% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)</b>		
<b>Método de Compactación</b>		<b>A</b>
<b>Máxima Densidad Seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.865</b>
<b>Óptimo contenido de Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>12.8</b>

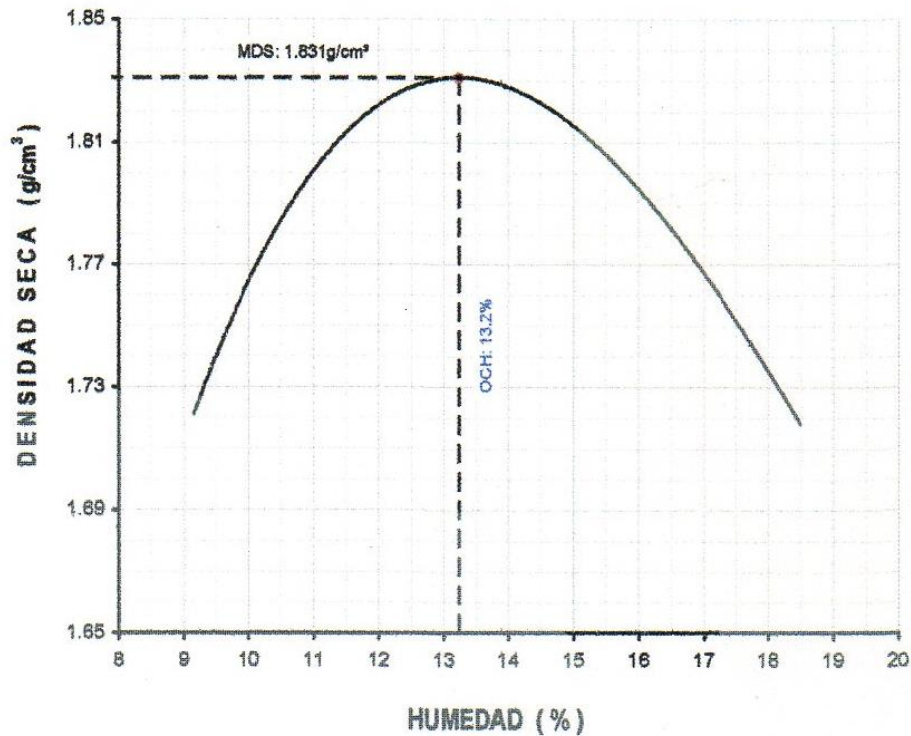
Elaboración propia

**Tabla N° 16 MTC E 132: Ensayo Con 100% de Tierra natural / 0% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CBR a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132)</b>	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	3.8 %
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	3.2%
C.B.R. a la densidad de campo	--
<b>CBR a 5.0 mm de Penetración (MTC E 132)</b>	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	4.7 %
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	2.7 %
C.B.R. a la densidad de campo	--
Condiciones del Ensayo	<b>Embebido</b>

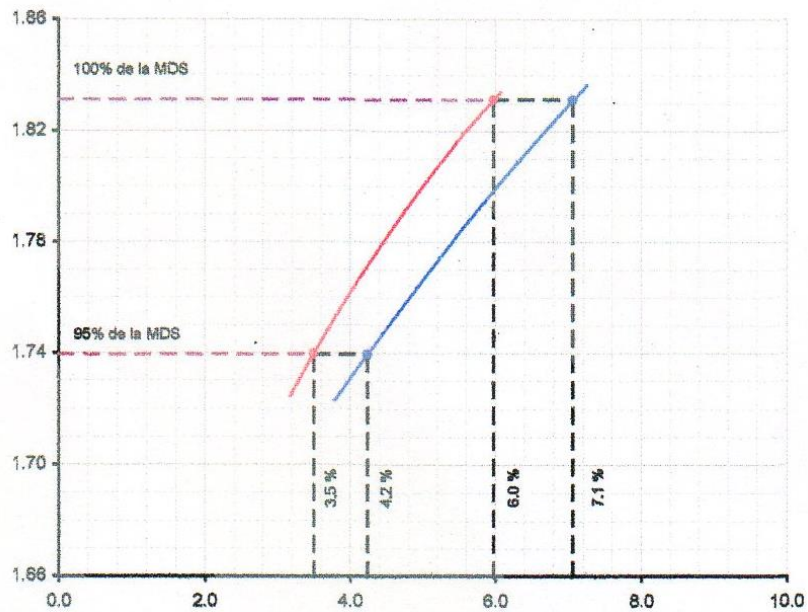
Elaboración propia

**Gráfico N°5: Curva Humedad óptima & Densidad seca para mezcla con 0% de ceniza de cascara de arroz**



Elaboración propia

**Gráfico N°6: CBR a 2.5mm de penetración (%) para mezcla con 0% de ceniza de cascara de arroz**



Elaboración propia

Teniendo los resultados de los ensayos que indican las dimensiones procedemos al tercer paso que es la verificación de las hipótesis específicas.

Nuestra primera Hipótesis específica es:

La aplicación de la ceniza de cascara de arroz aumenta la resistencia al esfuerzo cortante del suelo lo cual contribuye a estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019. Para determinar la veracidad de esta debemos comparar la resistencia al esfuerzo cortante, que se expresa con el grado de CBR, de la tierra al natural contra la mezcla de tierra con ceniza de cascara de arroz, a continuación resumimos los resultado de los análisis con la mezcla de tierra en un 97% y ceniza de cascara de arroz en un 3%, los resultado son los siguientes:

**Tabla N° 17 MTC E 204: Ensayos Con 100% de Tierra natural / 0% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO</b>				
<b>GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA</b>			<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	
<b>Serie Americana</b>	<b>Ret. Parcial (%)</b>	<b>Pasa (%)</b>	<b>Límite Líquido (MTC E 111)</b>	<b>42</b>
<b>2"</b>			<b>Índice Plástico (MTC E 111)</b>	<b>19</b>
<b>3/4</b>				
<b>3/8</b>			<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	
<b>N° 4</b>		<b>100</b>	<b>SUCS (ASTM D-2487)</b>	<b>CL</b>
<b>N° 200</b>	<b>38</b>	<b>62</b>	<b>Vías transporte (ASTM D-3282)</b>	<b>A-7-6 (10)</b>
<b>&lt; N° 200</b>	<b>62</b>			

Elaboración propia

**Tabla N° 18: Ensayos Con 97% de Tierra natural / 3% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO</b>				
<b>Descripción</b>		<b>Especimen N°1</b>	<b>Especimen N°2</b>	<b>Especimen N°3</b>
<b>Energía de compactación</b>	<b>(Kg-cm/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>27.4</b>	<b>12.2</b>	<b>6.1</b>
<b>Densidad seca antes del remojo</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.831</b>	<b>1.780</b>	<b>1.734</b>
<b>Humedad de compactación</b>	<b>(%)</b>	<b>13.2</b>	<b>13.2</b>	<b>13.2</b>
<b>Humedad de penetración</b>	<b>(%)</b>	<b>16.8</b>	<b>17.4</b>	<b>17.9</b>
<b>Absorción</b>	<b>(%)</b>	<b>3.6</b>	<b>4.2</b>	<b>4.7</b>
<b>Expansión</b>	<b>(%)</b>	<b>3.32</b>	<b>3.73</b>	<b>4.19</b>
<b>Tiempo de Embebido</b>	<b>(días)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Sobrecarga</b>	<b>(Kg)</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>

Elaboración propia

**Tabla N° 19 MTC E 115: Ensayo Con 97% de Tierra natural / 3% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)</b>		
<b>Método de Compactación</b>		<b>A</b>
<b>Máxima Densidad Seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.831</b>
<b>Óptimo contenido de Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>13.2</b>

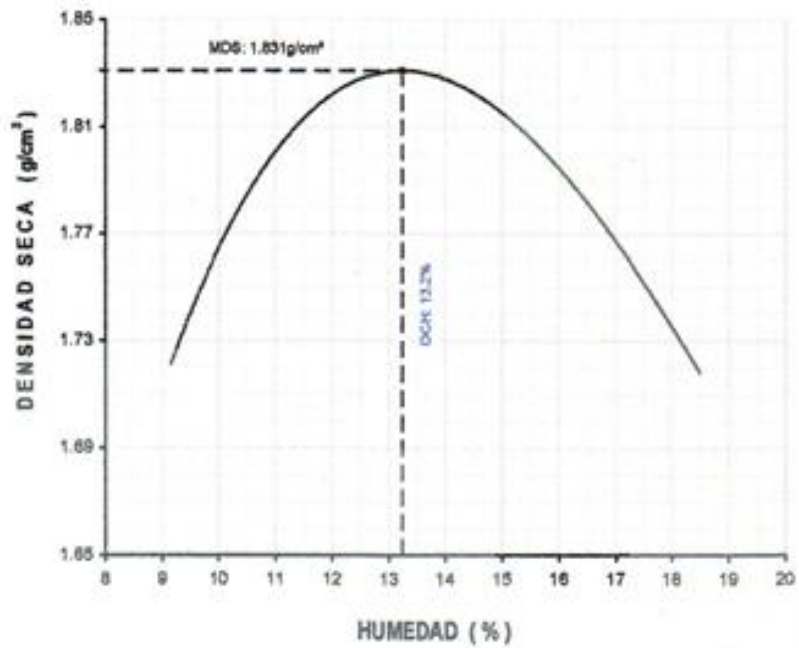
Elaboración propia

**Tabla N° 20 MTC E 132: Ensayo Con 97% de Tierra natural / 3% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CBR a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132)</b>	
<b>C.B.R. al 100% de la M.D.S.</b>	<b>6.0 %</b>
<b>C.B.R. al 95% de la M.D.S.</b>	<b>3.5 %</b>
<b>C.B.R. a la densidad de campo</b>	<b>.-.</b>
<b>CBR a 5.0 mm de Penetración (MTC E 132)</b>	
<b>C.B.R. al 100% de la M.D.S.</b>	<b>7.1 %</b>
<b>C.B.R. al 95% de la M.D.S.</b>	<b>4.2 %</b>
<b>C.B.R. a la densidad de campo</b>	<b>.-.</b>
<b>Condiciones del Ensayo</b>	<b>Embebido</b>

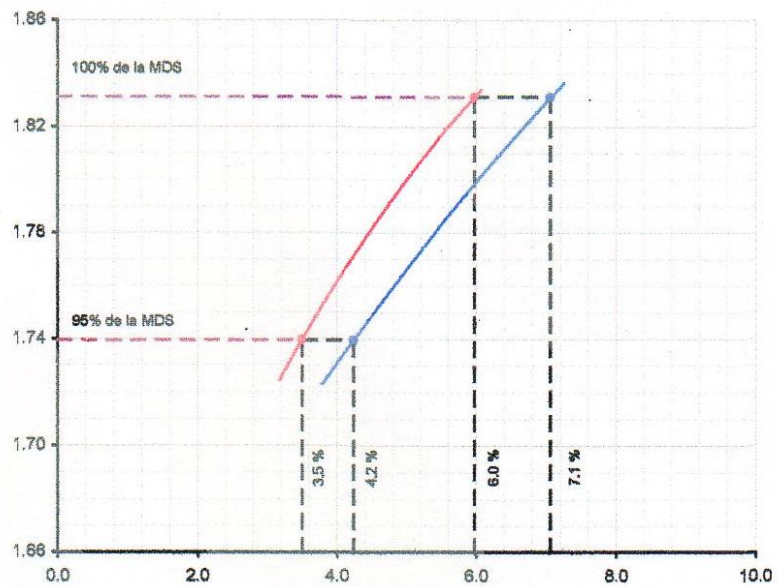
Elaboración propia

**Gráfico N°7: Curva Humedad óptima & Densidad seca para mezcla con 3% de ceniza de cascara de arroz**



Elaboración propia

**Gráfico N°8: CBR a 2.5mm de penetración (%) para mezcla con 3% de ceniza de cascara de arroz**



Elaboración propia

Comparando los resultados observamos que al adicionar un 3% de ceniza de cascara de arroz a la muestra de tierra esta aumento su resistencia al esfuerzo cortante de 3.8% hasta 6.0 %.

Finalmente comparamos los resultados de los ensayos de las tres mezclas con la muestra al natural.

**Tabla N° 21 MTC E 132: Cuadro comparativo de los resultados CBR**

MEZCLA	RESUMEN DE LOS ENSAYOS CBR			
	A 2,5 mm de Penetración		A 5,00 mm de Penetración	
	al 100% de la MDS	al 95% de la MDS	al 100% de la MDS	al 95% de la MDS
100 % Muestra	<b>3.8 %</b>	<b>2.2 %</b>	<b>4.7 %</b>	<b>2.7 %</b>
97 % Muestra + 3% Ceniza de cascara de arroz	<b>6.0 %</b>	<b>3.5 %</b>	<b>7.1 %</b>	<b>4.2 %</b>
95 % Muestra + 5% Ceniza de cascara de arroz	<b>8.8 %</b>	<b>4.9 %</b>	<b>10.3 %</b>	<b>5.7 %</b>
90 % Muestra + 10% Ceniza de cascara de arroz	<b>12.4 %</b>	<b>7.2 %</b>	<b>15.1 %</b>	<b>9.2 %</b>

Elaboración Propia

Luego de ver los resultados y como se comprueba en la tabla n° 21, todos las mezclas en las que fue adicionado las cenizas de cascara de arroz se incrementó del CBR el suelo, por consiguiente la primera hipótesis especifica es verdadera, la ceniza de cascara de arroz si aumenta la resistencia al esfuerzo cortante del suelo lo cual contribuye a estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.

Nuestra segunda hipótesis específica nos dice:

La aplicación de la ceniza de cascara de arroz contribuye a mejorar el óptimo contenido de humedad para estabilizar el suelo a nivel subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.

Para comprobar la veracidad de esta hipótesis compararemos el óptimo contenido de humedad de la muestra de tierra sin adicionar ceniza de cascara de arroz contra la mezcla de tierra con 5% de ceniza de cascara de arroz, los resultados de los análisis fueron los siguientes:

**Tabla N° 22 MTC E 204: Ensayos Con 100% de Tierra natural / 0% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO</b>				
<b>GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA</b>			<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	
<b>Serie Americana</b>	<b>Ret. Parcial (%)</b>	<b>Pasa (%)</b>	<b>Límite Líquido (MTC E 111)</b>	<b>42</b>
<b>2"</b>			<b>Índice Plástico (MTC E 111)</b>	<b>19</b>
<b>3/4</b>				
<b>3/8</b>			<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	
<b>N° 4</b>		<b>100</b>	<b>SUCS (ASTM D-2487)</b>	<b>CL</b>
<b>N° 200</b>	<b>38</b>	<b>62</b>	<b>Vías transporte (ASTM D-3282)</b>	<b>A-7-6 (10)</b>
<b>&lt; N° 200</b>	<b>62</b>			

Elaboración propia



**Tabla N° 23: Ensayos Con 95% de Tierra natural / 5% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO</b>				
<b>Descripción</b>		<b>Espécimen N°1</b>	<b>Espécimen N°2</b>	<b>Espécimen N°3</b>
<b>Energía de compactación</b>	<b>(Kg-cm/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>27.4</b>	<b>12.2</b>	<b>6.1</b>
<b>Densidad seca antes del remojo</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.816</b>	<b>1.774</b>	<b>1.725</b>
<b>Humedad de compactación</b>	<b>(%)</b>	<b>13.28</b>	<b>13.8</b>	<b>13.8</b>
<b>Humedad de penetración</b>	<b>(%)</b>	<b>17.0</b>	<b>17.4</b>	<b>17.9</b>
<b>Absorción</b>	<b>(%)</b>	<b>3.2</b>	<b>3.6</b>	<b>4.1</b>
<b>Expansión</b>	<b>(%)</b>	<b>2.94</b>	<b>3.10</b>	<b>3.40</b>
<b>Tiempo de Embebido</b>	<b>(días)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Sobrecarga</b>	<b>(Kg)</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>

Elaboración propia

**Tabla N° 24 MTC E 115: Ensayo Con 95% de Tierra natural / 5% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)</b>		
<b>Método de Compactación</b>		<b>A</b>
<b>Máxima Densidad Seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.816</b>
<b>Óptimo contenido de Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>13.8</b>

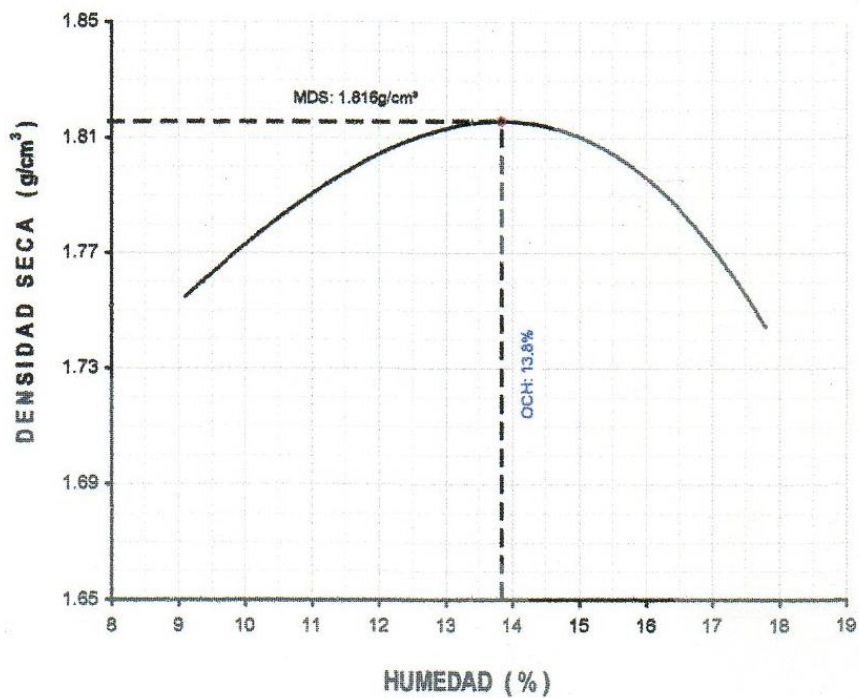
Elaboración propia

**Tabla N° 25 MTC E 132: Ensayo Con 95% de Tierra natural / 5% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CBR a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132)</b>	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	8.8 %
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	4.9 %
C.B.R. a la densidad de campo	-.-
<b>CBR a 5.0 mm de Penetración (MTC E 132)</b>	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	10.3 %
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	5.7 %
C.B.R. a la densidad de campo	-.-
Condiciones del Ensayo	Embebido

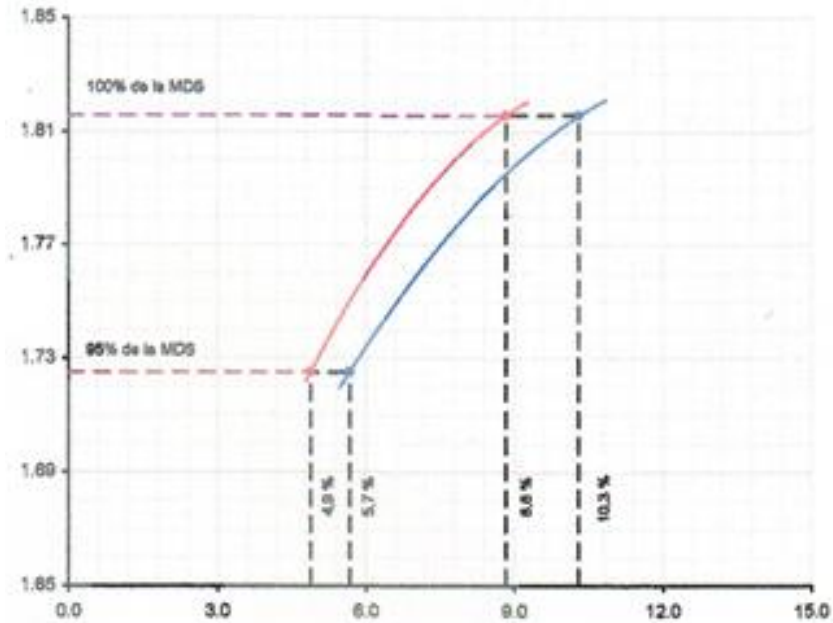
Elaboración propia

**Gráfico N°9: Curva Humedad óptima & Densidad seca para mezcla con 5% de ceniza de cascara de arroz**



Elaboración propia

**Gráfico N°10: CBR a 2.5mm de penetración (%) para mezcla con 5% de ceniza de cascara de arroz**



Elaboración propia

Observando los resultados podemos notar que luego de adicionar un 5% de ceniza de cascara de arroz a la muestra de tierra su óptimo contenido de humedad aumenta de 12.8% hasta 13.8%.

Finalmente comparamos los resultados de los ensayos de las tres mezclas con la muestra al natural.

**Tabla N° 26: Cuadro comparativo de los resultados del Óptimo contenido de Humedad**

MEZCLA	RESUMEN DE ENSAYOS									
	Óptimo contenido de Humedad (%)	Humedad de penetración (%)			Absorción (%)			Expansión (%)		
Espécimen		1	2	3	1	2	3	1	2	3
100 % Muestra	<b>12.8</b>	<b>16.7</b>	<b>17.4</b>	<b>18.1</b>	<b>3.9</b>	<b>4.6</b>	<b>5.3</b>	<b>3.79</b>	<b>4.38</b>	<b>5.08</b>
97 % Muestra + 3 % Ceniza de cascara de arroz	<b>13.2</b>	<b>16.8</b>	<b>17.4</b>	<b>17.9</b>	<b>3.6</b>	<b>4.2</b>	<b>4.7</b>	<b>3.32</b>	<b>3.73</b>	<b>4.19</b>
95 % Muestra + 5 % Ceniza de cascara de arroz	<b>13.8</b>	<b>17.0</b>	<b>17.4</b>	<b>17.9</b>	<b>3.2</b>	<b>3.6</b>	<b>4.1</b>	<b>2.94</b>	<b>3.10</b>	<b>3.40</b>
90 % Muestra + 10 % Ceniza de cascara de arroz	<b>14.7</b>	<b>17</b>	<b>17.4</b>	<b>17.8</b>	<b>2.3</b>	<b>2.7</b>	<b>3.1</b>	<b>2.14</b>	<b>2.53</b>	<b>2.68</b>

Elaboración propia

Luego de observar los resultados y como se comprueba en la tabla n° 26, todas las mezclas en las que fue adicionado las cenizas de cascara de arroz aumento el óptimo contenido de humedad del suelo, por lo tanto la segunda hipótesis específica también es verdadera, La aplicación de la ceniza de cascara de arroz si contribuye a mejorar el óptimo contenido de humedad para poder estabilizar el suelo a nivel subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.

Finalmente la última hipótesis específica dice:

La aplicación de la ceniza de cascara de arroz disminuye la máxima densidad seca del suelo lo cual contribuye a estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019

Para comprobar la veracidad de esta hipótesis compararemos la máxima densidad seca del a muestra de suelo sin adicionar ceniza de cascara de arroz contra la mezcla de la muestra de suelo a la que se le adiciono 10% de ceniza de cascara de arroz, los resultados fueron los siguientes:

**Tabla N° 27 MTC E 204: Ensayos Con 100% de Tierra natural / 0% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO</b>				
<b>GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA</b>			<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	
<b>Serie Americana</b>	<b>Ret. Parcial (%)</b>	<b>Pasa (%)</b>	<b>Límite Líquido (MTC E 111)</b>	<b>42</b>
<b>2"</b>			<b>Índice Plástico (MTC E 111)</b>	<b>19</b>
<b>3/4</b>				
<b>3/8</b>			<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	
<b>N° 4</b>		<b>100</b>	<b>SUCS (ASTM D-2487)</b>	<b>CL</b>
<b>N° 200</b>	<b>38</b>	<b>62</b>	<b>Vías transporte (ASTM D-3282)</b>	<b>A-7-6 (10)</b>
<b>&lt; N° 200</b>	<b>62</b>			

Elaboración propia

**Tabla N° 28: Ensayos Con 90% de Tierra natural / 10% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO</b>				
<b>Descripción</b>		<b>Espécimen N°1</b>	<b>Espécimen N°2</b>	<b>Espécimen N°3</b>
<b>Energía de compactación</b>	<b>(Kg-cm/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>27.4</b>	<b>12.2</b>	<b>6.1</b>
<b>Densidad seca antes del remojo</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.756</b>	<b>1.712</b>	<b>1.658</b>
<b>Humedad de compactación</b>	<b>(%)</b>	<b>14.7</b>	<b>14.7</b>	<b>14.7</b>
<b>Humedad de penetración</b>	<b>(%)</b>	<b>17.0</b>	<b>17.4</b>	<b>17.8</b>
<b>Absorción</b>	<b>(%)</b>	<b>2.3</b>	<b>2.7</b>	<b>3.1</b>
<b>Expansión</b>	<b>(%)</b>	<b>2.14</b>	<b>2.53</b>	<b>2.68</b>
<b>Tiempo de Embebido</b>	<b>(días)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Sobrecarga</b>	<b>(Kg)</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>

Elaboración propia

**Tabla N° 29 MTC E 115: Ensayo Con 90% de Tierra natural / 10% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)</b>		
<b>Método de Compactación</b>		<b>A</b>
<b>Máxima Densidad Seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.756</b>
<b>Óptimo contenido de Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>14.7</b>

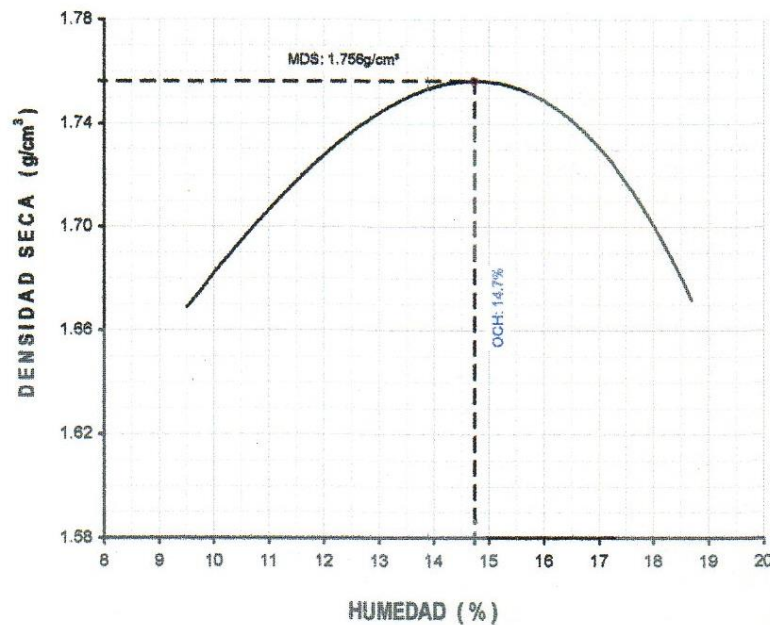
Elaboración propia

**Tabla N° 30 MTC E 132: Ensayo Con 90% de Tierra natural / 10% Ceniza de Cascara de Arroz**

<b>CBR a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132)</b>	
<b>C.B.R. al 100% de la M.D.S.</b>	<b>12.4 %</b>
<b>C.B.R. al 95% de la M.D.S.</b>	<b>7.2 %</b>
<b>C.B.R. a la densidad de campo</b>	<b>-.-</b>
<b>CBR a 5.0 mm de Penetración (MTC E 132)</b>	
<b>C.B.R. al 100% de la M.D.S.</b>	<b>15.1 %</b>
<b>C.B.R. al 95% de la M.D.S.</b>	<b>9.2 %</b>
<b>C.B.R. a la densidad de campo</b>	<b>-.-</b>
<b>Condiciones del Ensayo</b>	<b>Embebido</b>

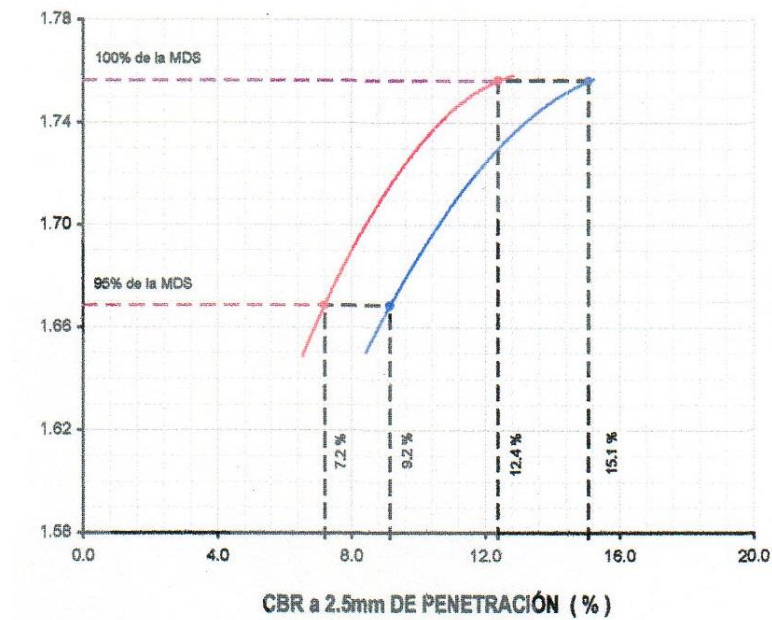
Elaboración propia

**Gráfico N°11: Curva Humedad óptima & Densidad seca para mezcla con 10% de ceniza de cascara de arroz**



Elaboración propia

**Gráfico N°12: CBR a 2.5mm de penetración (%) para mezcla con 10 % de ceniza de cascara de arroz**



Elaboración propia

De los resultados de los ensayos podemos observar que luego de adicionar un porcentaje de 10 % de ceniza de cascara de arroz a la muestra su máxima densidad seca disminuye de 1.865 (g/cm<sup>3</sup>) hasta 1.756 (g/cm<sup>3</sup>).



Finalmente comparamos los resultados de los ensayos de las tres mezclas con la muestra al natural.

**Tabla N° 31: Cuadro comparativo de los resultados de los ensayos de la máxima densidad seca**

MEZCLA	RESUMEN DE ENSAYOS						Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )
	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )			Densidad Humedad (g/cm <sup>3</sup> )			
Espécimen	1	2	3	1	2	3	
100 % Muestra	<b>1.865</b>	<b>1.817</b>	<b>1.772</b>	<b>2.104</b>	<b>2.050</b>	<b>1.999</b>	<b>1.865</b>
97 % Muestra + 3 % Ceniza de cascara de arroz	<b>1.831</b>	<b>1.780</b>	<b>1.734</b>	<b>2.073</b>	<b>2.015</b>	<b>1.963</b>	<b>1.831</b>
95 % Muestra + 5 % Ceniza de cascara de arroz	<b>1.816</b>	<b>1.774</b>	<b>1.725</b>	<b>2.067</b>	<b>2.019</b>	<b>1.963</b>	<b>1.816</b>
90 % Muestra + 10 % Ceniza de cascara de arroz	<b>1.756</b>	<b>1.712</b>	<b>1.658</b>	<b>2.014</b>	<b>1.964</b>	<b>1.902</b>	<b>1.756</b>

Elaboración propia

Luego de verificar los resultados y como se comprueba en la tabla n° 31, todas las mezclas en las que fue adicionado las cenizas de cascara de arroz disminuyo el óptimo contenido de humedad del suelo, por lo tanto la tercera hipótesis específica también es verdadera

La aplicación de la ceniza de cascara de arroz si disminuye la máxima densidad seca del suelo lo cual contribuye a estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019

Por consiguiente habiendo realizado los ensayos con las mezclas en las que se les adiciono los tres porcentajes indicados en la investigación (3%, 5% y 10%) de ceniza de cascara de arroz y respondiendo cada hipótesis específica de forma positiva, podemos concluir que la hipótesis principal también es verdadera.

## IV. DISCUSIÓN

1. Uno de los objetivos de la presente investigación fue el analizar como la ceniza de cascara de arroz mejorara de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo para estabilizar la subrasante. Castro, Alex (2017) en su tesis “Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante” nos dice en sus resultados que el CBR (que represente a la resistencia al esfuerzo cortante) aumento para la combinación de suelo arcilloso y ceniza de arroz e indica que en la mezcla de suelo arcilloso 80% combinado con ceniza de cascara de arroz 20% el incremento del CBR es más notorio y va desde un 5% hasta un 19.40% casi cuatro veces más y para la mezcla con 10% de ceniza de cascara de arroz, esta incremento de 5% a 16.30% un poco más de 3 veces su valor inicial.

En mi investigación también los resultados demuestran que después de aplicar la ceniza de cascara de arroz, a la muestra de suelo, su CBR se incrementa, el aumento más notorio es en la mezcla con ceniza de cascara de arroz más alta que es la de 10%, el CBR para esta aumento de 3.8% a 12.4%, más de 3 veces su valor inicial,

Esto posiblemente se deba a la composición química de la ceniza de arroz, ya que su principal componente es la sílice. Sánchez F. y Campágnoli S. (2016 pp. 226-229) nos dicen que La reacción Puzolánica es una reacción cementante de carácter lento originada en la reacción entre el calcio, el sílice y la alúmina del tamaño coloidales, que terminan en la formación de complejos compuesto de silicato de aluminio-silicatos cálcicos.

Y esa reacción puzolánica es la que se presenta en ambas investigación por lo que los resultados son muy parecidos y confirman que la ceniza de cascara de arroz mejora la resistencia al esfuerzo cortante (CBR) del suelo, lo que logra estabilizar una subrasante.

2. Otro de los objetivos de esta investigación fue determinar cómo la ceniza de cascara de arroz mejorara el óptimo contenido de humedad de la subrasante.

Sánchez F. y Campágnoli S. (2016) explican que lo que se busca (con estos aditivos) es mejorar algunas de las propiedades típicas de los suelos para así mejorar su

trabajabilidad, brindar una plataforma de trabajo resistente y reducir la vulnerabilidad del suelo al agua. Porque al tener una reacción favorable, no importa de cualquier ganancia, puede hacer que se logre que esa capacidad de respuesta pueda ser aprovechada para el diseño del pavimento.

Una vez más Castro, Alex (2017) nos dice se puede ver una variación de incremento en el óptimo contenido de humedad de la muestra directamente proporcional al incremento de la dosis del porcentaje de la ceniza de cascara de arroz que se le agregue estos e debe a la influencia de la ceniza de cascara de arroz sobre ella muestra de suelo, por ejemplo para la mezcla de suelo que contiene un 10% de ceniza de cascara de arroz esta incrementa de 16.90% hasta 19.20%.

En mi investigación también se produce un aumento en todas las mezclas siendo este incremento, al igual que el de Castro, directamente proporcional al incremento del porcentaje de ceniza de cascara de arroz en la mezcla, esto quiere decir que mientras más ceniza tenga más alto será su óptimo contenido de humedad, por ejemplo para la mezcla que contiene 10% de ceniza de cascara de arroz su óptimo contenido de húmeda aumenta de 12.80% hasta 14.70%. Una vez más los resultados coinciden lo que nos confirma que la ceniza de cascara de arroz contribuye a mejorar el óptimo contenido de humedad del suelo que será usado como subrasante.

3. El siguiente objetivo de mi investigación es determinar cómo la aplicación ceniza de cascara de arroz mejorara la máxima densidad seca de la subrasante.

Maldonado & Sarrin (2018) en su tesis “Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma – Ancash - 2018” nos dicen que ellos obtuvieron un resultado diverso en relación la máxima densidad seca, su muestra de suelo Tipo CL ( SUCS) tuvo un resultado  $0.524\text{gr/cm}^3$  y para las mezclas con la ceniza de cascara de arroz esta cambiaba, para una mezcla con 5% de ceniza su máxima densidad seca aumento a  $0.540\text{ gr/cm}^3$ , mientras para la mezcla con un 10% de ceniza su máxima densidad seca disminuye y fue de  $0.50\text{ gr/cm}^3$  y finalmente para la mezcla con 15 % de ceniza vuelve a subir y es de  $0.502\text{ gr/cm}^3$ .

Estos resultados son opuestos a los míos, mientras que mi muestra de suelo sin adicionar ceniza de cascara de arroz tiene  $1.865 \text{ gr/cm}^3$ , las mezclas con ceniza son inversamente proporcional a los resultados de la máxima densidad seca, esto quiere decir que mientras más concentración de ceniza de cascara de arroz la máxima densidad seca va disminuyendo, para mi mezcla con 3% de ceniza de cascara de arroz la máxima densidad seca es de  $1.831 \text{ gr/cm}^3$ , para la mezcla con 5% es de  $1.816 \text{ gr/cm}^3$  y para la mezcla con 10% es de  $1.756 \text{ gr/cm}^3$ .

Los resultados de Castro, Alex (2017) en relaciona las máxima densidad seca son de igual concordancia con los míos, las muestras con mezcla de ceniza de cascara de arroz tienen a bajar, para su mezcla con 10% de ceniza la máxima densidad seca disminuye de  $1.81 \text{ gr/cm}^3$  hasta  $1.68 \text{ gr/cm}^3$  esto, explica, se debe a la influencia de la ceniza de cascara de arroz para con el suelo.

Hay que recordar a Braja (2015) cuando dice que la ceniza es un material naturalmente Puzolánico que al reaccionar nos da un producto cementoso. Es por este último motivo que la mezcla se puede utilizar para la estabilizar suelos a nivel de base y también a nivel subrasante en la implementación de carreteras. Siempre dependiendo del tipo de suelo a mejorar, esta mezcla se debe compactar teniendo especial cuidado al momento de humedecerla para así tener un buen suelo.

Por lo que la diferencia entre resultados puede deberse a los componentes de los suelos, si bien los tres son de la misma clasificación (SUCS, AASHTO) no son las mismas muestras.

Mis resultados comprueban que la ceniza de cascara de arroz mejora la máxima densidad seca del suelo subrasante.

4. Al revisar los resultados de estos tres objetivos podemos despejar el objetivo principal que fue: Determinar como la ceniza de cascara de arroz estabilizara la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) En su manual de carreteras (2016) define la estabilización de suelo como los procesos de mejoramiento tanto de las propiedades físicas y/o propiedades mecánicas, estos procesos pueden ser mecánicos o adicionando productos químicos, sintéticos o naturales. Luego de los

procesos de estabilización se procede a calcular su capacidad portante en laboratorios, mediante el ensayo CBR; Cabe recordar que el MTC, en las normas vigentes a la fecha, considera un suelo con el  $\text{CBR} \geq 6\%$  apto para usarse como sub rasante.

Una vez más Castro, Alex (2017) nos dice que los resultados que obtuvo durante su investigación demostraron que un suelo arcilloso estabilizado con ceniza de cascara de arroz obtiene cambios favorables que permiten que este sea utilizado como una subrasante. Mientras que Maldonado & Sarrin (2018) también indican que adicionar ceniza de cascara de arroz en porcentajes de 5%, 10% y 15% al suelo del valle de san Rafael, influye en este y se logra la estabilización, puesto que mejoro las propiedades del suelo en el estudio.

Los resultados obtenidos durante mi investigación también comprueban la efectividad de la ceniza de cascara de arroz como agente estabilizante para suelo subrasante desde la primera mezcla que fue de 3%, con este porcentaje se llegó a un CBR aceptable para las normas actuales del MTC y con los demás porcentajes( 5% y 10%) se incrementaba más, por lo que se puede afirmar que al adicionar ceniza de cascara de arroz, con porcentajes a partir del 3%, si estabilizara la subrasante de la vía e Evitamiento en Jaén, Cajamarca.

## V. CONCLUSIONES

1. Para la muestra de suelo, que es de un tipo de suelo arcilloso calificado como CL en el sistema SUCS, a las cuales se les adiciono porcentajes de ceniza de arroz en 3%, 5% y 10%, todas las mezclas respondieron positivamente mejorando sus propiedades, lo que permite a ese suelo, ahora estabilizado gracias a la influencia de la ceniza de cascara de arroz, poder ser usado como subrasante y cumplir con lo indica en Manual de Carreteras del MTC.
2. La muestra de suelo inicialmente tiene un CBR a 2.5 mm de penetración para aun 100% de MDS un total de 3.8% y para CBR a 5.5 mm de penetración para aun 100% de MDS un total de 4.7% por lo que no cumplía en las normas del MTC para ser usado como subrasante; luego de adicionar los porcentajes de ceniza de cascara de arroz planteados, se puede observar un incremento de su CBR directamente proporcional al aumento de la ceniza en la mezcla.

Para la Mezcla con 3% de ceniza su CBR es de 6.0% (a 2.5mm de penetración y 100% de la MDS) y de 7.1% (a 5.0mm de penetración y 100% de la MDS)

Para la Mezcla con 5% de ceniza su CBR es de 8.8% (a 2.5mm de penetración y 100% de la MDS) y de 10.3% (a 5.0mm de penetración y 100% de la MDS)

Para la Mezcla con 10% de ceniza su CBR es de 12.4% (a 2.5mm de penetración y 100% de la MDS) y de 15.1% (a 5.0mm de penetración y 100% de la MDS)

Lo que demuestra la influencia positiva de la ceniza de arroz en el suelo arcilloso.

3. El Óptimo contenido de Húmeda de la muestra se ve incrementado a medida que el porcentaje de ceniza de arroz sea más alto, dejando ver que es directamente proporcional a esta. Su amento va desde un 12.8% inicialmente, para luego con un 3% de ceniza sea de 13.2 %, pasando para un 5% de ceniza sea de 13.8% y finalmente para un 10% de ceniza es de 14.7%, lo que es un indicativo de la mejora de la estabilidad.
4. La máxima densidad seca de la muestra indica una disminución según sea el porcentaje de ceniza en la mezcla, siendo estas indirectamente proporcional, para la muestra con 0% de ceniza es de  $1.865 \text{ g/cm}^3$ , y para la mezcla con 3% de ceniza es de  $1.831 \text{ g/cm}^3$ , mientras que para la mezcla con 5% es de  $1.816 \text{ g/cm}^3$   
Y finalmente para la mezcla con 10% de ceniza es de  $1.756 \text{ g/cm}^3$ , lo que para nuestro tipo de suelo es un indicativo de mejora de la estabilidad.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 1.** Para tener un buen resultado en la investigación es importante seleccionar el suelo a estudiar para lo cual se debe pasar por ensayos de calidad que incluyan ensayos químicos y orgánicos, puesto que un suelo muy contaminado la mejor alternativa para construir una vía es el de material prestado. La ceniza de cascara de arroz debe tomarse como una opción entre otros mejoradores de suelo cuando el terreno sea rescatable.
- 2.** Los resultados de los ensayos CBR salieron positivos para las muestras tratadas, logrando cumplir la norma el MTC con la primera mezcla (3%), si bien nuestro tipo de suelo es CL (SUCS) se recomienda seguir las investigaciones con otros tipos de suelos por ejemplo CH, MH o SL (SUCS), lo que nos dará una más amplia visión de la influencia de la ceniza de cascara de arroz en otro tipo de suelos.
- 3.** En los diseños de mezclas de esta investigación solo interviene la Ceniza de cascara de arroz y el suelo, pero para ampliar la investigación se debería agregar un agente más, como la Cal o el cemento puesto que estos son unos estabilizadores de suelos muy utilizados, esta nueva mezcla podría dar resultados muy interesantes, por lo que merece ser considerado para una nueva investigación.
- 4.** La ceniza de cascara de arroz actúa como agente estabilizante al crear una reacción puzolánica, esta a su vez necesita de un tiempo de curado, el cual no se ha determinado, tampoco el tiempo que necesita para empezar a actuar y tampoco cómo reacciona en el tiempo, se recomienda nuevas investigaciones que tomen, consideren y analicen el factor tiempo en las mezclas.

## VII. REFERENCIAS

1. AKASAKI, J, MORAES, M, SILVA, C, FIORITI, C, & TASHIMA, M. (2016). Evaluación del concepto de madurez en el hormigón con adición de cenizas de cascarilla de arroz. *Revista ingeniería de construcción*, 31(3), 175-182. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000300003>
2. ANJANI Yadav, KUMAR Gaurav, ROOP Kishor & S.K. Suman (2017) Stabilization of alluvial soil for subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads. *International Journal of Pavement Research and Technology* 10 (2017) 254–261. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.02.001>
3. APARNA, Roy (2014) “Soil Stabilization using Rice Husk Ash and Cement”. *International Journal of Civil Engineering Research*. . ISSN 2278-3652 Volume 5, Number (1) 49-54 © Research India Publications Recuperado de <http://www.ripublication.com/ijcer.htm>
4. BAGHINI, M., ISMAIL, A., ASGHAR, M., FENDERESKI G. & SADEGHI, M. (2018) Measuring the effects of styrene butadiene copolymer latex-Portland cement additives on properties of stabilized soil-aggregate base. *International Journal of Pavement Research and Technology* 11 (2018) 458–469  
Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.02.001>
5. BEHNOOD, Ali (2018) Soil and clay stabilization with calcium- and non-calcium-based additives: A state-of-the-art review of challenges, approaches and techniques *Transportation Geotechnics* 17(12), 14-32  
Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2018.08.002>



6. BENSOUOLA, Mohamed, MISSOUM, Hanifi, & BENDANI, Karim. (2018). Liquefaction potential sand-silt mixtures under static loading. *Revista de la construcción*, 17(2), 196-208. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.7764/rdlc.17.2.196>
7. BRAJA M. DAS. (2015) Fundamentos de ingeniería geotecnia. Cuarta edición. México: Cengage Learning Editores. 636 pp.  
ISBN: 978-607-519-372-4
8. BRYAN, ILLIDGE (2017) Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento  
Tesis de grado (Programa de Ingeniería Civil). Universidad De la Salle, Bogotá D.C. Colombia  
Disponible en <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/21721?show=full>
9. CAAMAÑO, Iván (2017) Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente. Tesis (Programa de ingeniería civil). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C, Colombia  
Disponible en:  
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15770/Caama%C3%B1oMurilloIv%C3%A1nAlberto2016.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
10. CASTILLO, Byron (2018) Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras. Tesis (Máster en Ingeniería en Vialidad y Transportes). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador  
Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/handle/123456789/26917>

11. CASTRO, Axel. (2017) Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante. Tesis (ingeniero civil). Universidad nacional de Ingeniería, Lima, Perú  
Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/10054>
  
12. CHICAIZA, Edison y OÑA-OÑA, francisco (2018) Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz. Tesis (Ingeniero Civil). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador  
Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19624>
  
13. CHENG, Qiangqiang, YAO, Kai, & LIU, Yong (2018) Stress-dependent behavior of marine clay admixed with fly-ash-blended cement. Singapur:  
*International Journal of Pavement Research and Technology* 11 (2018) 611–616  
Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2018.01.004>
  
14. CLAVERÍA,P., TRIANA,D., & VARON, Y. (2018) Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante. Tesis (Ingeniero Civil) Ibagué, Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.  
Disponible en: <http://repository.ucc.edu.co/handle/ucc/6314>
  
15. DÍAZ, Fernando (2018) Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv. San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018.  
Tesis (Ingeniero Civil) Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú  
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/25951>

16. ECHEZURÍA, H. (2019). El suelo estabilizado, una opción constructiva ecológica de uso ancestral. *Tekhné*, 22 (1). Recuperado de <http://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/temas/index.php/tekhne/article/view/4067>
17. FABRE, Viviana, BIZZOTTO, Marcela, & TIRNER, Jirina C. (2010). Comportamiento Resistente de Suelos Orgánicos Estabilizados con Tanino. *Información tecnológica*, 21(2), 103-112  
Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642010000200013>
18. GARCÍA, Jorge. (2017). Resistencia mecánica de suelos de la Mesa de Guanipa, Estado de Anzoátegui, Venezuela. *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(1), 26-32. Recuperado de <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/726>
19. GARCÍA, J., RUÍZ, M., CASTILLO, N., & RANGEL, L. (2018). Propiedades de suelos arenosos de la Mesa de Guanipa bajo manejos convencionales. *Revista Ingeniería Agrícola*, 8 (4), 28 .Recuperado de <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1030>
20. HALLER, P., et al. (2015). Efecto del estrés hidráulico y mecánico sobre la resistencia y resiliencia funcional del sistema poroso de un Ñadi (Aquands) bajo distintos usos de suelo. *Agro sur*, 43(2), 41-52. doi:10.4206/agrosur.2015.v43n2-06
21. JEREZ, D., GOMEZ, O. & MURILLO, C. (2018) Stabilization of Colombian lateritic soil with a hydrophobic compound (organosilane). *International Journal of Pavement Research and Technology* Volume 11, Issue 6, November 2018, Pages 639-646  
Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2018.06.001>

22. JOSHAGHANI, Alireza y AMIN, Mohammad (2017) Evaluating the effects of sugar cane bagasse ash (SCBA) and nanosilica on the mechanical and durability properties of mortar. *Construction and Building Materials*, 152 (10),818-831  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.041>
23. KAO, Jimmy, SUNG, Wen-Pen, CHEN, Ran (Eds.) (2015) *Green Building, Materials and civil Engineering*. London UK, Taylor & Francis Group LLC. 2015  
 ISBN: 978-1-138-02669-8
24. LI, Lin, CETIN, Bora & YANG, Xiaoming (Eds.) (2018) *Proceedings of GeoShangs 2018 International Conference: Ground Improvement and Geosynthetics*, Singapore, Springer Nature Singapore Pte. Ltd. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-0122-3\\_48](https://doi.org/10.1007/978-981-13-0122-3_48)  
 ISBN: 978-981-13-0121-6
25. LLAMOGA, Luz. (2017) *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016*. Tesis (ingeniero civil). Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte,  
 Disponible en:  
<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11195/Llamoga%20V%C3%A1squez%2C%20Luz%20Yanet1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
26. LÓPEZ-BRAVO, Elvis, & TIJSKENS, Engelbert, & GONZÁLEZ-CUETO, Omar, & HERRERA-SUÁREZ, Miguel, & LORENZO-ROJAS, José Dasiell, & RAMON, Herman (2019). Simulation of Clay Soil De-Compaction Using Discrete Element Method. La Habana, Cuba: *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(2), [fecha de Consulta 7 de Octubre de 2019]. ISSN: 1010-2760. Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93259288001>

27. MALDONADO, Roy y SARRIN, Diego. (2018) Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma – Ancash – 2018.  
Tesis (Ingeniero Civil) Chimbote, Perú: Universidad Cesar Vallejo  
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30966>
28. MANZANAL, Diego y SFRISO Alejo (Edt.) (2015) Fundamentals to Applications in Geotechnics: Proceedings of the 15th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 15–18 November 2015, Buenos Aires, Argentina: IOS Press  
Doit: 10.3233/978-1-61499-603-3-3
29. MATTEY, P., ROBAYO, R., DÍAZ, J., DELVASTO, S., & MONZÓ, J. (2015). Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales (application of rice husk ash obtained from agro-industrial process for the manufacture of nonstructural concrete blocks). *Revista Latinoamericana De Metalurgia Y Materiales*, 2015, 35(2). Recuperado de <https://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/652>
30. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2016). Manual de ensayo de materiales. Dirección general de caminos y ferrocarriles, Lima, Perú: MTC. pp. 1269. Recuperado de: [http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/RD%20N%C2%B0%2018-2016-MTC-14%20\(Manual%20Ensayo%20Materiales\).pdf](http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/RD%20N%C2%B0%2018-2016-MTC-14%20(Manual%20Ensayo%20Materiales).pdf)

31. MURGUL, Vera & POPOVIC, Zdenka (Eds) (2018) International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing 692, *Springer International Publishing AG 2018*, Recuperado de [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1\\_112](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_112), ISBN 978-3-3-19-70986-4
32. NELSON, John, CHAO, Kuo, OVERTON, Daniel & NELSON, Erik (2015) Foundation Engineering for Expansive Soils, USA: Jhon Wiley & Sons, Inc.  
ISBN: 978-1-118-41799-7
33. ÑAUPAS, Humberto (2014). Metodología de la investigación]. Bogotá, Colombia: Express estudio gráfico y digital S.A., 2014. 536 pp.  
ISBN: 978-958-762-188-4
34. OJEDA, O., BALTAZAR, M., & MENDOZA, J. (2018). Influence of sugar cane bagasse ash inclusion on compacting, CBR and unconfined compressive strength of a subgrade granular material. *Revista ALCONPAT*, 8(2), 194-208.  
doi:<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v8i2.282>
35. OLINIC, Tatiana y OLINIC, Ernest. (2016). The effect of Quicklime Stabilization on Soil Properties. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 10 444 – 451.  
doi: 10.1016/j.aaspro.2016.09.013  
Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.09.013>
36. PÉREZ, Villy (2017) Influencia de la mezcla del cemento portland y la ceniza de cáscara de arroz para mejorar la sub rasante de la carretera puerto los Ángeles - Playa Hermosa, provincia de Moyobamba - San Martín – 2017.  
Tesis (Ingeniero Civil) Moyobamba, Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018.  
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/19212>

37. ROJAS, Eduardo. (2018). Un modelo general para suelos no saturados totalmente acopla. *Digital Ciencia@uaqro*, 11(2), 11-23. Recuperado de <http://ciencia.uaq.mx/index.php/ojs/article/view/6>
38. SÁNCHEZ Y CAMPAGNOLI. (2016) Pavimentos Asfálticos de Carreteras – Guía práctica para los estudios y diseños. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería 2016 Pp. 516.  
ISBN: 978-958-872-625-0
39. SÁNCHEZ-MOLINA, Deisy, VARGAS-PORRAS, Mayra, ORTEGA-TORO, Rodrigo, & PIÑEROS-CASTRO, Yineth. (2018). Extracción y encapsulación de compuestos fenólicos provenientes de cascarilla de arroz. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*, 47(3), 410-423. <https://dx.doi.org/10.15446/rcciquifa.v47n3.77373>
40. SANDOVAL-VALLEJO, Eimar, & RIVERA-MENA, William. (2019). Correlación del CBR con la resistencia a la compresión inconfiada. Colombia: *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 29(1), 135-151. Disponible en <https://dx.doi.org/10.18359/rcin.3478>
41. SALAS, R., et al (2016). Variación espacial de propiedades físicas de un suelo derivado de cenizas volcánicas sometido a distintas estrategias de mejoramiento de una pradera degradada. *Agro Sur*, 44(3), 29-40. doi:10.4206/agrosur.2016.v44n3-04
42. SERRANO, Erika, & PADILLA, Edgar (2019). Analysis of the changes in the mechanical properties of subrasant materials by the addition of recycled polymeric materials. *Ingeniería Solidaria*, 15(27), 1-23. Dsiponible en <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2019.01.01>

43. TATARANNI, P., et al (2018) A laboratory and field study on 100% Recycled Cement Bound Mixture for base layers. *International Journal of Pavement Research and Technology* 11 (5). Pp. 427–434. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.11.005>
44. TEJO, Julio, GONZÁLEZ, Marcelo, & DARBY, Adam. (2015). Métodos numéricos aplicados a ensayos de terreno para la determinación de la permeabilidad saturada. *Obras y proyectos*, (17), 45-51.  
Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132015000100006>
45. TIQUE, J., MORA, R., DÍAZ, S. & MAGAÑA, F. (2019). Comparación del rendimiento de dos agentes químicos en la estabilización de un suelo arcilloso. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*. VIII (20) 55-68. doi: 10.31644/IMASD.20.2019.a03
46. VALDERRAMA, Santiago (2018). Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. 8ª. ed Lima, Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L., 310 pp.  
ISBN: 978-612-302-878-7
47. ZHANG, Tao, CAI, Guojun & LIU, Songyu (2017) Application of lignin-based by-product stabilized silty soil in highway subgrade: A field investigation. *Journal of Cleaner Production* 142 (4), 4243-4257, ISSN: 0959-6526  
Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.002>



## **VIII. ANEXOS**


**ANEXO N° 01**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE EVITAMIENTO JAÉN- CAJAMARCA, 2019</b>						
<b>PROBLEMA</b>		<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>
<b>GENERAL</b>	¿De qué manera la aplicación de ceniza de cascara de arroz ayudara a estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019?	Determinar como la ceniza de cascara de arroz estabiliza la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.	La aplicación de la ceniza de cascara de arroz, puede estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019	<b>CENIZA DE CASCARA DE ARROZ</b> <b>DIMENSIONES:</b> • Diseño de mezcla: Suelo - ceniza de arroz	• Porcentajes de ceniza de arroz que se adiciona  3%, 5% 10%	Balanza electrónica
	¿De qué manera la ceniza de cascara de arroz mejora la resistencia al esfuerzo cortante de la vía Evitamiento, Jaén -Cajamarca 2019?	Analizar como la ceniza de cascara de arroz mejora de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo para estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.	La aplicación de la ceniza de cascara de arroz aumenta la Resistencia al esfuerzo cortante del suelo lo cual contribuye a estabilizar la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.	• Propiedades físicas	• Óptimo contenido de humedad • Máxima densidad seca	Ensayo Proctor modificado
<b>ESPECIFICO</b>	¿De qué manera la ceniza de cascara de arroz mejora el óptimo contenido de humedad de subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019?	Determinar cómo la ceniza de cascara de arroz mejora el contenido de humedad óptimo de la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.	La aplicación de la ceniza de cascara de arroz contribuye a mejorar el óptimo contenido de humedad del suelo a nivel subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.	<b>ESTABILIDAD DE SUBRASANTE</b> <b>DIMENSIONES:</b> • Resistencia al esfuerzo cortante	• CBR $\geq$ 6  • Límite líquido *Límite plástico *Índice de plasticidad	Ensayo CBR  Ensayo de casa grande  Ensayo de granulometría
	¿De qué manera la ceniza de cascara de arroz mejora la máxima densidad seca de la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019?	Determinar cómo la aplicación ceniza de cascara de arroz mejora la densidad de la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.	La aplicación de la ceniza de cascara de arroz mejora la máxima densidad seca del suelo de la subrasante de la vía Evitamiento, Jaén Cajamarca 2019.	• Humedad Óptima del suelo  • Máxima Densidad Seca	• Peso específico *Densidad Húmeda *Densidad seca	Ensayo Proctor modificado

**ANEXO N° 02**  
**CUADRO DE REFERENCIAS**

<b>47 REFERENCIAS</b>					
<b>REFERENCIAS</b>		<b>PORCENTAJE DEL TOTAL Directiva 089-2019</b>	<b>EN CANTIDAD</b>	<b>NUMERO DE LA REFERENCIA EN EL PROYECTO</b>	<b>REFERENCIAS COLOCADAS EN TOTAL</b>
1	ARTÍCULOS DE REVISTAS CIENTÍFICAS INDEXADAS	60%	28	1,2,3,4,5,6,13,16,17,18,19,20,21,22,26,29,31,34,35,37,39, 40,41,42,43,44,45,47.	28
2	LIBROS, TESIS, RESÚMENES DE CONGRESOS U OTROS	40%	19	7,8,9,10,11,12,14,15,23,24,25,27,28,30,32,33, 36,38,46.	19
3	ÚLTIMOS 4 AÑOS	25%	12	1,2,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,34,35,36, 37,38,39, 40,41,42,43,44,45,46,47.	44
4	EN INGLES	40%	19	2,3,4,5,6,13,21,22,23,24,26,28,31,32,34,35,42, 43,4,7.	19

**ANEXO N° 03**  
**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		<b>VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO</b>						
<b>TITULO:</b>		<b>"Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019"</b>						
<b>AUTOR:</b>		<b>Vilchez Burga Aldo Daniel</b>						
<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	Según Oseda (2011)					
			Validez nula 0.53 a menos	Validez baja 0.53 a menos	Valida 0.60 a 0.65	Muy valida 0.66 a 0.71	Excelente 0.72 a 0.99	Validez perfecta 1.0
			INGENIERO 01		INGENIERO 02		INGENIERO 03	
<b>Ceniza de Cascara de Arroz</b>	Diseño de mezcla: Suelo-Ceniza de arroz	Porcentajes de cenizas que se adiciona a la mezcla: 3%, 5%, 10%	0.90		0.95		0.90	
	Propiedades Físicas	*Máxima densidad seca *Optimo contenido de humedad	0.90		0.85		0.90	
<b>Estabilidad de la Subrasante</b>	Resistencia al esfuerzo cortante	CBR $\geq$ 6	1.00		1.00		1.00	
	Humedad Optima del suelo	* Humedad de penetración * Absorción *Expansión *Índice de plasticidad	0.90		0.95		0.95	
	Máxima Densidad seca	* Densidad Húmeda * Densidad seca	0.80		0.85		0.90	
			4.50		4.60		4.65	
			0.90		0.92		0.93	
			<b>TOTAL:</b>			<b>0.92</b>		
CIP: .....		CIP: .....		CIP: .....				
CIP:		CIP:		CIP:				

# ANEXO N° 04 RESULTADOS DEL LABORATORIO



EXPEDIENTE N° 169-2019/OHL

### INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burgo      PROYECTO : Aplicación de ceriza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.

DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabaylla, Lima.      UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de Octubre del 2019      FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de Octubre del 2019

---

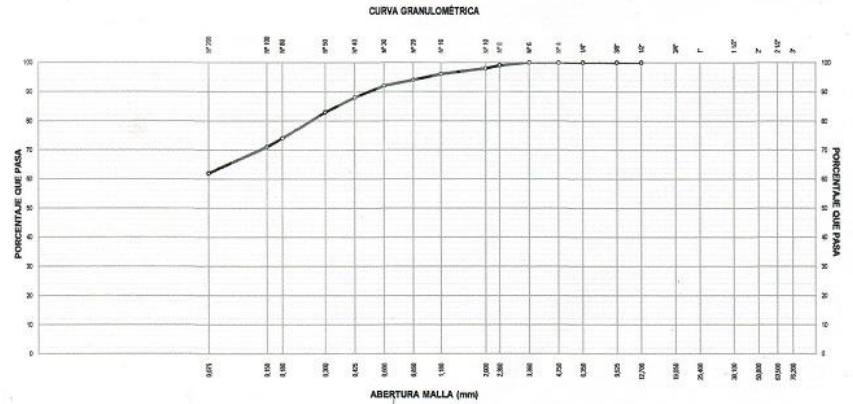
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural      PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno

CANTIDAD : 250 kg aprox.

**NTP 339.128      SUELOS: Método de ensayo para el Análisis Granulométrico**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	Limite líquido (%)	NTP 339.128
2"	50.800			Limite plástico (%)	NTP 339.128
1 1/2"	38.100			Índice plástico (%)	NTP 339.128
1"	25.400			Clasificación SUCS	ASTM D 2487
3/4"	19.000			Clasificación AASHTO	ASTM D 3282
1/2"	12.700			NTP 339.150 "Descripción e identificación de suelos"	
3/8"	9.500			Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	0%
1/4"	6.300			Araya (Pas. N°4 y Ret. N°200)	36.0%
N° 4	4.750			Fino (Pas. N°200)	62.0%
N° 8	3.300			Descripción de la muestra: Arcilla arenosa de baja plasticidad	
N° 10	2.000	1	1	Const. de humedad (%)	NTP 339.127
N° 15	1.180	1	2		4.1
N° 20	0.850	2	4	OBSERVACIONES:	
N° 30	0.600	2	6	- Muestra tomada e identificada por el solicitante.	
N° 40	0.425	4	12		
N° 50	0.300	5	17		
N° 60	0.250	6	20		
N° 75	0.150	9	29		
N° 100	0.150	9	29		
N° 200	0.075	9	29		
<0.075		62	100		



**ERICK OSWALDO ZECARRAZ ARANDA**  
 Reg. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.

**Equipos usados:**  
 Estufa: ER 400 L / Serie N° 020616 (15/04/2018)  
 Balanza: SF-8001 / Serie N° 8327507290 (1/10/2019)

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burga  
DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabayllo, Lima.  
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 11 de Octubre del 2019

PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
FECHA EMISIÓN : Lima, 23 de Octubre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural  
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
CANTIDAD : 250 kg aprox.

NTP 339.128

SUELOS: Método de ensayo para el Análisis Granulométrico

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)	4.750
Tarro N°	173
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	678.4
Peso suelo seco + tarro - final (g)	316.5
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	362.9
Peso del tarro (g)	93.8
Peso del suelo seco inicial (g)	584.6
Material pasante por la malla N° 200 (%)	62.1

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

**Equipos usados:**

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020616 (15/04/2019)  
Balanza: SPJ6001 / Serie N° 8327507290 (11/03/2019)

ERICK OSWALDO  
ZECARRA ARANDA  
Reg. CIP N° 112639  
OHL INGENIEROS S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burga  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cordos 164 Santa Isabel - Carabaylla. Lima.  
 PROYECTO : Aplicación de coriza de ciscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 11 de Octubre del 2019  
 FECHA EMISIÓN : Lima, 23 de Octubre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad  
 PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
 CANTIDAD : 250 kg aprox.

**NTP 339.127 SUELOS: Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo**

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	132
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	538.6
Peso de tarro + suelo seco (g)	521.2
Peso del Agua (g)	17.4
Peso del tarro (g)	94.0
Peso del suelo seco (g)	427.2
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	<b>4.1</b>

OBSERVACIONES:  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

**Equipos usados:**  
 Estufa: ER 400 L / Serie N° 020616 (15/04/2019)  
 Balanza: SP 36001 / Serie N° B327507290 (11/03/2019)

  
 ERICK OSWALDO  
 ZECARRA ARANDA  
 Reg. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO**

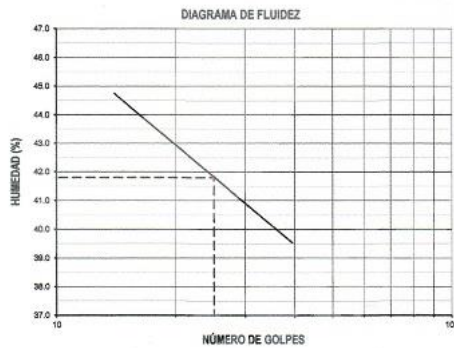
SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burga      PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la  
DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 184 Santa Isabel - Carabayllo, Lima.      subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 08 de Mayo del 2019      FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de Octubre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural      PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad      CANTIDAD : 250 kg. aprox.

**NTP 339.129 SUELOS: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos**

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	34	151	115	22	135	98
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	33.72	37.81	39.51	34	30.35	31.45
Peso cápsula + suelo seco (g)	29.14	31.22	33.03	28.84	28.02	28.98
Peso del Agua (g)	4.58	6.39	6.48	5.16	2.33	2.47
Peso de la cápsula (g)	18.76	18.23	17.46	18.14	17.72	18.31
Peso del suelo seco (g)	10.38	14.99	15.57	12.7	10.30	10.67
Contenido de humedad (%)	44.12	42.63	41.62	40.63	22.62	23.15
Número de golpes	16	21	26	32	--	--



**RESULTADOS DE ENSAYOS**

LÍMITE LÍQUIDO (%)	42
LÍMITE PLÁSTICO (%)	23
IND. PLASTICIDAD (%)	19

**OBSERVACIONES:**

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:  
Escala: ER 300 L / Serie N° 210414 (22/04/2019)  
Balanza: SPJ402 / Serie N° 8225049023 (11/03/2019)

ERIK OSWALDO  
ZECARRA ARANDA  
Reg. CIP N° 112639  
OHL INGENIEROS S.A.C.



EXPEDIENTE N° 169-2019/OHL

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burga PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabayllo. Lima. subrasante en la Vía de Evitamiento Jesús - Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jesús - Cajamarca  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de Octubre del 2019 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de Octubre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad CANTIDAD : 250 kg aprox.

MTC E 113 - 2016 MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA

DESCRIPCIÓN		AGREGADO FINO
Peso material seco a 105 °C	(g)	150.0
Peso folia + H <sub>2</sub> O	(g)	661.6
Peso folia + H <sub>2</sub> O + material	(g)	811.6
Peso folia + H <sub>2</sub> O + material seco	(g)	758.6
Volumen del material	(cm <sup>3</sup> )	53.0
Gravedad Especifica	(g/cm <sup>3</sup> )	2.831

**OBSERVACIONES:**  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

**Equipos usados:**  
 Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (22/04/2018)  
 Balanza: SP.6001 / Serie N° 8327507280 (11/03/2019)

ERICK OSWALDO  
 ZECARRA ARANDA  
 Reg. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C



EXPEDIENTE N° 169-2019/OHL

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burga PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabayllo, Lima. la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de Octubre del 2019 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de Octubre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad CANTIDAD : 250.000 kg aprox.

MTC E 118		MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS (PÉRDIDA POR IGNICIÓN)
IDENTIFICACIÓN		RESULTADOS (%)
Peso material + Círculo (inicio)	g	50.00
Peso material + Círculo (final)	g	49.53
Peso de Círculo	g	30.52
Peso de material (inicio)	g	19.48
Peso de material (final)	g	19.01
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	(%)	2.47

**OBSERVACIONES :**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°10.

ERICK OSWALDO  
 ZECARRA ARANDA  
 Reg. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.



EXPEDIENTE N° 169-2019/OHL

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burga PROYECTO : Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 184 Santa Isabel - Carabayllo, Lima. la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de Octubre del 2019 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de Octubre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad CANTIDAD : 250 kg aprox.

NTP 339.152 SUELOS: Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea

MATERIAL	SALES SOLUBLES (ppm)
SUELO	661

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

**Equipos usados:**

Estufa: ER 300 / Serie N° 210414 (22/04/2019)  
 Balanza: PA214 / Serie N° 532652359 (11/03/2019)  
 Plancha: FAEL / Serie N° SN (14/03/2019)

  
 ERICK OSWALDO  
 ZECERRA ARANDA  
 Reg. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.



EXPEDIENTE N° 169-2019/OHL

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burgos PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabayllo, Lima. subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de Octubre del 2019 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de Octubre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
 DESCRIPCIÓN : Arolla arenosa de baja plasticidad CANTIDAD : 250 kg. aprox.

NTP 339.177	SUELOS: Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea
MATERIAL	CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl <sup>-</sup> (ppm)
SUELO	65

**OBSERVACIONES :**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

**Equipos usados:**

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (22/04/2019)  
 Balanza: SE3001F / Serie N° 7138481407 (12/03/2019)

ERIC OSWALDO  
 ZECARRA ARANDA  
 Reg. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 160-2019/OHL

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vichez Burge  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabayillo, Lima.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de Octubre del 2019

PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de Octubre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad  
 PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
 CANTIDAD : 250 kg. aprox.

NTP 339.178	SUELOS: Método de ensayo para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea
MATERIAL	SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)
SUELO	250

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal de OHL INGENIEROS SAC.

Equipos usados:  
 Escale: ER-300 L / Serie N° 210414 (22/04/2019)  
 Mofla: FAEL / Serie N° SIN (15/04/2019)  
 Balanza: PA214 / Serie N° B329592368 (11/03/2019)  
 Balanza: SES001F / Serie N° 7198461407 (12/03/2019)  
 Plancha: FAEL / Serie N° 6N (14/03/2019)

ERICK OSWALDO  
 ZECARRA ARANDA  
 Reg. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.



EXPEDIENTE N° 169-2019/OHL

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burgo  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabaylo, Lima.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de Octubre del 2019

PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jelin - Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jelin - Cajamarca  
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de Octubre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural  
 DESCRIPCIÓN : Aroña arenosa de baja plasticidad  
 PRESENTACIÓN : 06 Sacos de polipropileno  
 CANTIDAD : 250 kg. aprox.

NTP 339.176 SUELOS: Método de ensayo para la determinación del potencial de hidrógeno (ph) en suelos y agua subterránea

MATERIAL	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)
SUELO	6.04

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:  
 Multímetro: H98130 / Serie N° SR (R122018)

*[Firma]*  
 ERICK OSWALDO  
 ZECARRARANDA  
 Reg. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vichez Burga  
DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabayllo, Lima.  
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

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

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural / cenizas de cáscaras de arroz: 0 %  
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
CANTIDAD : 250 Kg aprox.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO**

Granulometría de la Muestra (MTC E 204)			Límites de Atterberg	
Serie Americana	Ret. Parcial (%)	Pesa (%)		
2"			Límite Líquido (MTC E 111)	: 42
3/4"			Índice Plástico (MTC E 111)	: 19
3/8"			<b>Clasificación de Suelos</b>	
N°4		100	SUCS (ASTM D-2487)	: CL
N°200	38	62	Vías Transporte (ASTM D-3282)	: A-7-6 (10)
< N°200	62			

**CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO**

Descripción		Especimen N° 1	Especimen N° 2	Especimen N° 3
Energía de Compactación	(kg-cm/cm <sup>3</sup> )	27.4	12.2	6.1
Densidad Seca Antes del Remojo	(g/cm <sup>3</sup> )	1.865	1.817	1.772
Humedad de Compactación	(%)	12.8	12.8	12.8
Humedad de Penetración	(%)	16.7	17.4	18.1
Absorción	(%)	3.9	4.6	5.3
Expansión	(%)	3.79	4.38	5.08
Tiempo de Embebido	(días)	4	4	4
Sobrecarga	(kg)	4.5	4.5	4.5

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

<b>Proctor Modificado (MTC E 115)</b>			<b>C.B.R. a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132)</b>	
Método de Compactación		: A	C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 3.8 %
Máxima Densidad Seca	(g/cm <sup>3</sup> )	: 1.865	C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 2.2 %
Óptimo Contenido de Humedad	(%)	: 12.8	C.B.R. a la densidad de Campo	: --
Gravedad Específica del Agregado Global (ASTM C 127-04) *APENDICE X1*		: --	<b>C.B.R. a 5,0 mm de Penetración (MTC E 132)</b>	
			C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 4.7 %
			C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 2.7 %
			C.B.R. a la densidad de Campo	: --
			Condiciones del Ensayo	: Embebido

OBSERVACIONES:  
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

ERICH OSWALDO  
ZECARÁ ARANDA  
Reg. CIP N° 112639  
OHL INGENIEROS S.A.C.

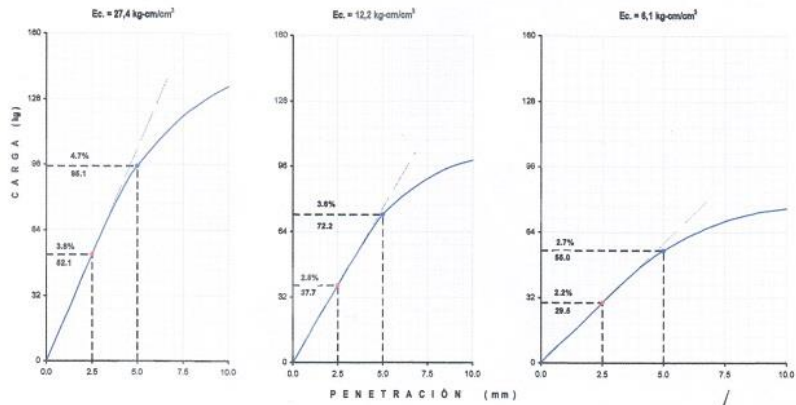
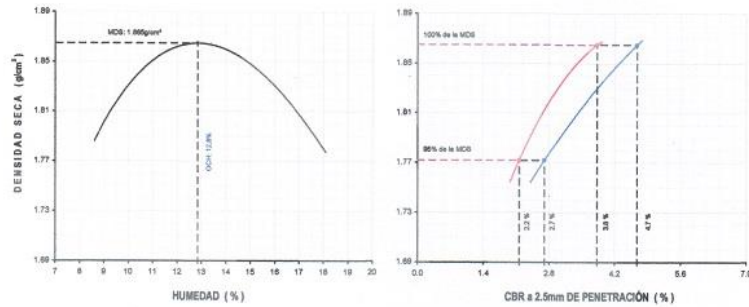
**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burga  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabaylo, Lima.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jelin - Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jelin - Cajamarca  
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

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

REFERENCIAS DE LA MUESTRA  
 IDENTIFICACIÓN : Terreno natural / cenizas de cáscaras de arroz: 0 % PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad CANTIDAD : 250 kg aprox.



OBSERVACIONES:  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

ERIK OSWALDO  
 ZECARRA ARANDA  
 Reg. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.





EXPEDIENTE N° 168-2019/OHL

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Aldo Daniel Viquez Burga  
**DIRECCIÓN** : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabayllo, Lima.  
**PROYECTO** : Aplicación de obras de cédulas de amort para mejorar la estabilidad de la adriaca en la Via de Evitamiento Jajén - Cajamarca 2018.  
**UBICACIÓN** : Jajén - Cajamarca  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 11 de octubre del 2010  
**FECHA DE EMISIÓN** : Lima, 23 de octubre del 2010  
**PRESENTACIÓN** : 05 Sacos de polipropileno  
**CANTIDAD** : 250 kg aprox.

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**  
 IDENTIFICACIÓN : Terreno natural / cenizas de cascavillas de arcilla 0.0 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de baja plasticidad

PROYECTO		MATERIALES		MÉTODOS DE COMPARACIÓN		A.		B.	
PROYECTO		MATERIALES		MÉTODOS DE COMPARACIÓN		A.		B.	
Nº DE MUESTRA	PROYECTO	Nº DE MUESTRA	MATERIALES	MÉTODOS DE COMPARACIÓN	A.	B.	Nº DE MUESTRA	PROYECTO	Nº DE MUESTRA
01	0003	20022	00022	00022	00022	00022	0003	0003	20022
02	0003	20023	00023	00023	00023	00023	0003	0003	20023
03	0003	20024	00024	00024	00024	00024	0003	0003	20024
04	0003	20025	00025	00025	00025	00025	0003	0003	20025
05	0003	20026	00026	00026	00026	00026	0003	0003	20026
06	0003	20027	00027	00027	00027	00027	0003	0003	20027
07	0003	20028	00028	00028	00028	00028	0003	0003	20028
08	0003	20029	00029	00029	00029	00029	0003	0003	20029
09	0003	20030	00030	00030	00030	00030	0003	0003	20030
10	0003	20031	00031	00031	00031	00031	0003	0003	20031
11	0003	20032	00032	00032	00032	00032	0003	0003	20032
12	0003	20033	00033	00033	00033	00033	0003	0003	20033
13	0003	20034	00034	00034	00034	00034	0003	0003	20034
14	0003	20035	00035	00035	00035	00035	0003	0003	20035
15	0003	20036	00036	00036	00036	00036	0003	0003	20036
16	0003	20037	00037	00037	00037	00037	0003	0003	20037
17	0003	20038	00038	00038	00038	00038	0003	0003	20038
18	0003	20039	00039	00039	00039	00039	0003	0003	20039
19	0003	20040	00040	00040	00040	00040	0003	0003	20040
20	0003	20041	00041	00041	00041	00041	0003	0003	20041
21	0003	20042	00042	00042	00042	00042	0003	0003	20042
22	0003	20043	00043	00043	00043	00043	0003	0003	20043
23	0003	20044	00044	00044	00044	00044	0003	0003	20044
24	0003	20045	00045	00045	00045	00045	0003	0003	20045
25	0003	20046	00046	00046	00046	00046	0003	0003	20046
26	0003	20047	00047	00047	00047	00047	0003	0003	20047
27	0003	20048	00048	00048	00048	00048	0003	0003	20048
28	0003	20049	00049	00049	00049	00049	0003	0003	20049
29	0003	20050	00050	00050	00050	00050	0003	0003	20050
30	0003	20051	00051	00051	00051	00051	0003	0003	20051
31	0003	20052	00052	00052	00052	00052	0003	0003	20052
32	0003	20053	00053	00053	00053	00053	0003	0003	20053
33	0003	20054	00054	00054	00054	00054	0003	0003	20054
34	0003	20055	00055	00055	00055	00055	0003	0003	20055
35	0003	20056	00056	00056	00056	00056	0003	0003	20056
36	0003	20057	00057	00057	00057	00057	0003	0003	20057
37	0003	20058	00058	00058	00058	00058	0003	0003	20058
38	0003	20059	00059	00059	00059	00059	0003	0003	20059
39	0003	20060	00060	00060	00060	00060	0003	0003	20060
40	0003	20061	00061	00061	00061	00061	0003	0003	20061
41	0003	20062	00062	00062	00062	00062	0003	0003	20062
42	0003	20063	00063	00063	00063	00063	0003	0003	20063
43	0003	20064	00064	00064	00064	00064	0003	0003	20064
44	0003	20065	00065	00065	00065	00065	0003	0003	20065
45	0003	20066	00066	00066	00066	00066	0003	0003	20066
46	0003	20067	00067	00067	00067	00067	0003	0003	20067
47	0003	20068	00068	00068	00068	00068	0003	0003	20068
48	0003	20069	00069	00069	00069	00069	0003	0003	20069
49	0003	20070	00070	00070	00070	00070	0003	0003	20070
50	0003	20071	00071	00071	00071	00071	0003	0003	20071
51	0003	20072	00072	00072	00072	00072	0003	0003	20072
52	0003	20073	00073	00073	00073	00073	0003	0003	20073
53	0003	20074	00074	00074	00074	00074	0003	0003	20074
54	0003	20075	00075	00075	00075	00075	0003	0003	20075
55	0003	20076	00076	00076	00076	00076	0003	0003	20076
56	0003	20077	00077	00077	00077	00077	0003	0003	20077
57	0003	20078	00078	00078	00078	00078	0003	0003	20078
58	0003	20079	00079	00079	00079	00079	0003	0003	20079
59	0003	20080	00080	00080	00080	00080	0003	0003	20080
60	0003	20081	00081	00081	00081	00081	0003	0003	20081
61	0003	20082	00082	00082	00082	00082	0003	0003	20082
62	0003	20083	00083	00083	00083	00083	0003	0003	20083
63	0003	20084	00084	00084	00084	00084	0003	0003	20084
64	0003	20085	00085	00085	00085	00085	0003	0003	20085
65	0003	20086	00086	00086	00086	00086	0003	0003	20086
66	0003	20087	00087	00087	00087	00087	0003	0003	20087
67	0003	20088	00088	00088	00088	00088	0003	0003	20088
68	0003	20089	00089	00089	00089	00089	0003	0003	20089
69	0003	20090	00090	00090	00090	00090	0003	0003	20090
70	0003	20091	00091	00091	00091	00091	0003	0003	20091
71	0003	20092	00092	00092	00092	00092	0003	0003	20092
72	0003	20093	00093	00093	00093	00093	0003	0003	20093
73	0003	20094	00094	00094	00094	00094	0003	0003	20094
74	0003	20095	00095	00095	00095	00095	0003	0003	20095
75	0003	20096	00096	00096	00096	00096	0003	0003	20096
76	0003	20097	00097	00097	00097	00097	0003	0003	20097
77	0003	20098	00098	00098	00098	00098	0003	0003	20098
78	0003	20099	00099	00099	00099	00099	0003	0003	20099
79	0003	20100	00100	00100	00100	00100	0003	0003	20100
80	0003	20101	00101	00101	00101	00101	0003	0003	20101
81	0003	20102	00102	00102	00102	00102	0003	0003	20102
82	0003	20103	00103	00103	00103	00103	0003	0003	20103
83	0003	20104	00104	00104	00104	00104	0003	0003	20104
84	0003	20105	00105	00105	00105	00105	0003	0003	20105
85	0003	20106	00106	00106	00106	00106	0003	0003	20106
86	0003	20107	00107	00107	00107	00107	0003	0003	20107
87	0003	20108	00108	00108	00108	00108	0003	0003	20108
88	0003	20109	00109	00109	00109	00109	0003	0003	20109
89	0003	20110	00110	00110	00110	00110	0003	0003	20110
90	0003	20111	00111	00111	00111	00111	0003	0003	20111
91	0003	20112	00112	00112	00112	00112	0003	0003	20112
92	0003	20113	00113	00113	00113	00113	0003	0003	20113
93	0003	20114	00114	00114	00114	00114	0003	0003	20114
94	0003	20115	00115	00115	00115	00115	0003	0003	20115
95	0003	20116	00116	00116	00116	00116	0003	0003	20116
96	0003	20117	00117	00117	00117	00117	0003	0003	20117
97	0003	20118	00118	00118	00118	00118	0003	0003	20118
98	0003	20119	00119	00119	00119	00119	0003	0003	20119
99	0003	20120	00120	00120	00120	00120	0003	0003	20120
100	0003	20121	00121	00121	00121	00121	0003	0003	20121



**ERIK OSWALDO**  
**ZECARRAFRANCO**  
 Red. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burga  
DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabayllo, Lima.  
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

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

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural / Cenizas de cáscaras de arroz, 3 %  
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
CANTIDAD : 250 Kg aprox.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO**

**Granulometría de la Muestra (MTC E 204)**

Serie Americana	Ret. Parcial (%)	Pasa (%)
2"		
3/4"		
3/8"		
N°4		100
N°200	38	62
< N°200	62	

**Limites de Atterberg**

Límite Líquido (MTC E 111)	: 42
Índice Plástico (MTC E 111)	: 19
<b>Clasificación de Suelos</b>	
SUCS (ASTM D-2487)	: CL
Vías Transporte (ASTM D-3282)	: A-7-6 (10)

**CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO**

Descripción		Especimen N° 1	Especimen N° 2	Especimen N° 3
Energía de Compactación	(kg-cm/cm <sup>3</sup> )	27.4	12.2	6.1
Densidad Seca Antes del Remojo	(g/cm <sup>3</sup> )	1.831	1.780	1.734
Humedad de Compactación	(%)	13.2	13.2	13.2
Humedad de Penetración	(%)	16.8	17.4	17.9
Absorción	(%)	3.6	4.2	4.7
Expansión	(%)	3.32	3.73	4.19
Tiempo de Embebido	(días)	4	4	4
Sobrecarga	(kg)	4.5	4.5	4.5

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

**Pretor Modificado (MTC E 115)**

Método de Compactación		: A
Máxima Densidad Seca	(g/cm <sup>3</sup> )	: 1.831
Óptimo Contenido de Humedad	(%)	: 13.2
Gravedad Específica del Agregado Global (ASTM C 127-04) "APENDICE XI"		: --

**C.B.R. a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132)**

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 6.0 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 3.5 %
C.B.R. a la densidad de Campo	: --

**C.B.R. a 5,0 mm de Penetración (MTC E 132)**

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 7.1 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 4.2 %
C.B.R. a la densidad de Campo	: --

Condiciones del Ensayo : Embebido

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

ERICK OSWALDO  
ZECARRA ARANDA  
Reg. CIP N° 112639  
OHL INGENIEROS S.A.C.

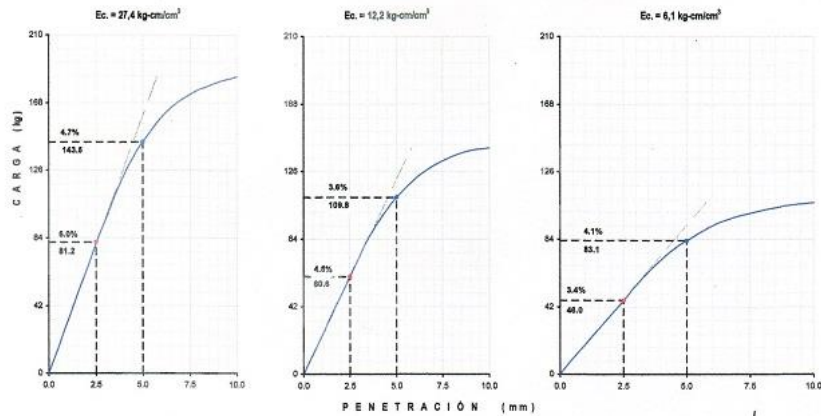
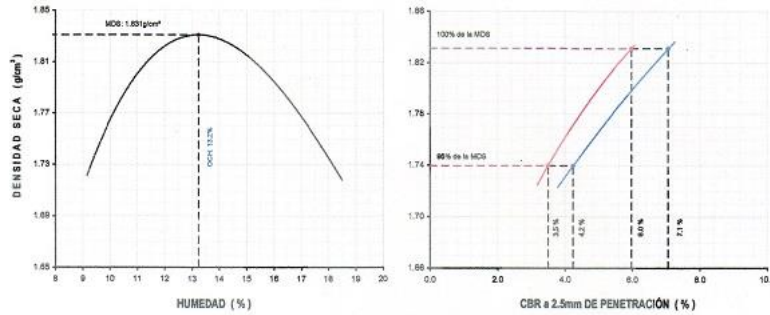
**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burga      PROYECTO : Aplicación de cenizas de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabayllo, Lima.      UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019      FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

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

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural / Cenizas de cascavillas de arroz: 3%      PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad      CANTIDAD : 250 kg aprox.



OBSERVACIONES:  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

*[Signature]*  
 ERICK OSWALDO  
 ZECARRA ARANDA  
 Reg. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.



EXPEDIENTE N° 169-2019/OHL

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Viquez Burga  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 104 Santa Isabel - Carabaylla, Lima.  
 PROYECTO : Aplicación de cénizas de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Estamiento Jelm-Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jelm - Cajamarca  
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)											
MUESTRA			MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN			MÉTODOS DE ENSAYO			MÉTODOS DE RESULTADOS		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PREPARACIÓN	N° DE MOLES	FORMA	MATERIA PRIMA	MÉTODOS DE ENSAYO	MÉTODOS DE RESULTADOS	CANTIDAD	PREPARACIÓN	PREPARACIÓN	MÉTODOS DE RESULTADOS
VOLUMEN DE MUESTRA	3	14	300	300	50	1100	1100	1100	1100	1100	1100
N° DE MOLES	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
FORMA	MOLE	MOLE	MOLE	MOLE	MOLE	MOLE	MOLE	MOLE	MOLE	MOLE	MOLE
MATERIA PRIMA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA
MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
MÉTODOS DE RESULTADOS	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
COMENTARIOS											

SOLICITANTE : Aldo Daniel Viquez Burga  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 104 Santa Isabel - Carabaylla, Lima.  
 PROYECTO : Aplicación de cénizas de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Estamiento Jelm-Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jelm - Cajamarca  
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

SOLICITANTE : Aldo Daniel Viquez Burga  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 104 Santa Isabel - Carabaylla, Lima.  
 PROYECTO : Aplicación de cénizas de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Estamiento Jelm-Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jelm - Cajamarca  
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

SOLICITANTE : Aldo Daniel Viquez Burga  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 104 Santa Isabel - Carabaylla, Lima.  
 PROYECTO : Aplicación de cénizas de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Estamiento Jelm-Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jelm - Cajamarca  
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

SOLICITANTE : Aldo Daniel Viquez Burga  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 104 Santa Isabel - Carabaylla, Lima.  
 PROYECTO : Aplicación de cénizas de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Estamiento Jelm-Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jelm - Cajamarca  
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Terrazo natural / Cenizas de cascavillas de arroz 3 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de bajo plasticidad

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vitchez Burga  
DIRECCIÓN : Calle Los Cerdos 164 Santa Isabel - Cerabayaño, Lima.  
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

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

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural / Cenizas de cascarrillas de arroz: 5 %  
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
CANTIDAD : 250 Kg aprox.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO**

**Granulometría de la Muestra (MTC E 204)**

Serie Americana	Ret. Parcial (%)	Pasa (%)
2"		
3/4"		
3/8"		
N°4		100
N°200	38	62
< N°200	62	

**Límites de Atterberg**

Límite Líquido (MTC E 111)	: 42
Índice Plástico (MTC E 111)	: 19
<b>Clasificación de Suelos</b>	
SUCS (ASTM D-2487)	: CL
Vías Transporte (ASTM D-3282)	: A-7-6 (10)

**CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO**

Descripción		Especimen N° 1	Especimen N° 2	Especimen N° 3
Energía de Compactación	(kg-cm/cm <sup>2</sup> )	27.4	12.2	6.1
Densidad Seca Antes del Remojo	(g/cm <sup>3</sup> )	1.816	1.774	1.725
Humedad de Compactación	(%)	13.8	13.8	13.8
Humedad de Penetración	(%)	17.0	17.4	17.9
Absorción	(%)	3.2	3.6	4.1
Expansión	(%)	2.94	3.10	3.40
Tiempo de Embebido	(días)	4	4	4
Sobrecarga	(kg)	4.5	4.5	4.5

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

**Proctor Modificado (MTC E 115)**

Método de Compactación	: A
Máxima Densidad Seca	: 1.816 (g/cm <sup>3</sup> )
Óptimo Contenido de Humedad	: 13.8 (%)
Gravedad Específica del Agregado Global (ASTM C 127-04) "APENDICE X1"	: --

**C.B.R. a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132)**

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 8.8 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 4.9 %
C.B.R. a la densidad de Campo	: --

**C.B.R. a 5,0 mm de Penetración (MTC E 132)**

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 10.3 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 5.7 %
C.B.R. a la densidad de Campo	: --

Condiciones del Ensayo : Embebido

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

ERIC OSWALDO  
ZECARAAARANDA  
Reg. QIP N° 112639  
OHL INGENIEROS S.A.U.

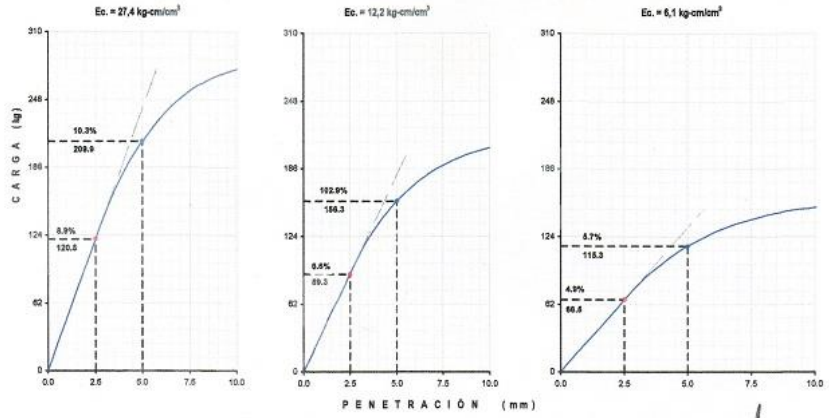
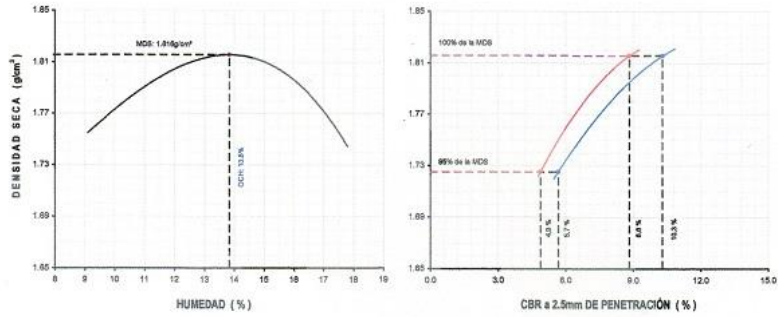
**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burga  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 194 Santa Isabel - Carabayllo, Lima.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

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

REFERENCIAS DE LA MUESTRA  
 IDENTIFICACIÓN : Terreno natural / Cenizas de cascarrillas de arroz 5 % PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad CANTIDAD : 250 kg aprox.



OBSERVACIONES:  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

ERICK OSWALDO  
 ZECARFA ARANDA  
 Reg. CP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.



LABORATORIO DE MATERIALES - SISTEMAS - CONSULTORÍA  
www.ohingenieros.pe y general@ohingenieros.pe

EXPEDIENTE N° 168-2019/OHL

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Aldo Daniel Vichez Burga  
**DIRECCIÓN** : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabaylla, Lima.  
**PROYECTO** : Aplicación de cinta de colocara de armaz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Entramiento Jabin - Cajamarca, 2019.  
**UBICACIÓN** : Jabin - Cajamarca  
**FECHA DE EMISIÓN** : Lima, 23 de octubre del 2019  
**PRESENTACIÓN** : 05 Saicos de polipropileno  
**CANTIDAD** : 250 kg aprox.

**SOLICITANTE** : Aldo Daniel Vichez Burga  
**DIRECCIÓN** : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabaylla, Lima.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 11 de octubre del 2019  
**REFERENCIAS DE LA MUESTRA** : Temero natural / Costaza de cascañitas de arroz 5 %  
**IDENTIFICACIÓN** : Arella arenosa de baja plasticidad

VOLÚMEN DEL MUELE			PROYECTOR MODIFICADO MTC E 119			MTC E 122			GRUPO DE BIENES LABORATORIOS MTC E 122		
Nº DE MUELE	TIPO DE MUELE	MÉTODO DE COMPACTACIÓN	A			B			C		
			2	3		4		5		6	
Nº DE MUELE	TIPO DE MUELE	MÉTODO DE COMPACTACIÓN	26	27		28		29		30	
P. MOLETE - 1.5 (MÓLEDO)	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3
P. MOLETE - 1.5 (MÓLEDO)	2001.3	2001.3	2001.3	2001.3	2001.3	2001.3	2001.3	2001.3	2001.3	2001.3	2001.3
PROYECTOR MODIFICADO	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
M. TAMBO	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	3412	3412	3412	3412	3412	3412	3412	3412	3412	3412	3412
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	8013	8013	8013	8013	8013	8013	8013	8013	8013	8013	8013
PROYECTOR MODIFICADO	6113	6113	6113	6113	6113	6113	6113	6113	6113	6113	6113
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	5013	5013	5013	5013	5013	5013	5013	5013	5013	5013	5013
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	5413	5413	5413	5413	5413	5413	5413	5413	5413	5413	5413
PROYECTOR MODIFICADO	5713	5713	5713	5713	5713	5713	5713	5713	5713	5713	5713
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	6013	6013	6013	6013	6013	6013	6013	6013	6013	6013	6013
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	6313	6313	6313	6313	6313	6313	6313	6313	6313	6313	6313
PROYECTOR MODIFICADO	6613	6613	6613	6613	6613	6613	6613	6613	6613	6613	6613
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	6913	6913	6913	6913	6913	6913	6913	6913	6913	6913	6913
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	7213	7213	7213	7213	7213	7213	7213	7213	7213	7213	7213
PROYECTOR MODIFICADO	7513	7513	7513	7513	7513	7513	7513	7513	7513	7513	7513
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	7813	7813	7813	7813	7813	7813	7813	7813	7813	7813	7813
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	8113	8113	8113	8113	8113	8113	8113	8113	8113	8113	8113
PROYECTOR MODIFICADO	8413	8413	8413	8413	8413	8413	8413	8413	8413	8413	8413
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	8713	8713	8713	8713	8713	8713	8713	8713	8713	8713	8713
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	9013	9013	9013	9013	9013	9013	9013	9013	9013	9013	9013
PROYECTOR MODIFICADO	9313	9313	9313	9313	9313	9313	9313	9313	9313	9313	9313
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	9613	9613	9613	9613	9613	9613	9613	9613	9613	9613	9613
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	9913	9913	9913	9913	9913	9913	9913	9913	9913	9913	9913
PROYECTOR MODIFICADO	10213	10213	10213	10213	10213	10213	10213	10213	10213	10213	10213
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	10513	10513	10513	10513	10513	10513	10513	10513	10513	10513	10513
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	10813	10813	10813	10813	10813	10813	10813	10813	10813	10813	10813
PROYECTOR MODIFICADO	11113	11113	11113	11113	11113	11113	11113	11113	11113	11113	11113
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	11413	11413	11413	11413	11413	11413	11413	11413	11413	11413	11413
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	11713	11713	11713	11713	11713	11713	11713	11713	11713	11713	11713
PROYECTOR MODIFICADO	12013	12013	12013	12013	12013	12013	12013	12013	12013	12013	12013
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	12313	12313	12313	12313	12313	12313	12313	12313	12313	12313	12313
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	12613	12613	12613	12613	12613	12613	12613	12613	12613	12613	12613
PROYECTOR MODIFICADO	12913	12913	12913	12913	12913	12913	12913	12913	12913	12913	12913
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	13213	13213	13213	13213	13213	13213	13213	13213	13213	13213	13213
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	13513	13513	13513	13513	13513	13513	13513	13513	13513	13513	13513
PROYECTOR MODIFICADO	13813	13813	13813	13813	13813	13813	13813	13813	13813	13813	13813
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	14113	14113	14113	14113	14113	14113	14113	14113	14113	14113	14113
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	14413	14413	14413	14413	14413	14413	14413	14413	14413	14413	14413
PROYECTOR MODIFICADO	14713	14713	14713	14713	14713	14713	14713	14713	14713	14713	14713
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	15013	15013	15013	15013	15013	15013	15013	15013	15013	15013	15013
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	15313	15313	15313	15313	15313	15313	15313	15313	15313	15313	15313
PROYECTOR MODIFICADO	15613	15613	15613	15613	15613	15613	15613	15613	15613	15613	15613
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	15913	15913	15913	15913	15913	15913	15913	15913	15913	15913	15913
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	16213	16213	16213	16213	16213	16213	16213	16213	16213	16213	16213
PROYECTOR MODIFICADO	16513	16513	16513	16513	16513	16513	16513	16513	16513	16513	16513
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	16813	16813	16813	16813	16813	16813	16813	16813	16813	16813	16813
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	17113	17113	17113	17113	17113	17113	17113	17113	17113	17113	17113
PROYECTOR MODIFICADO	17413	17413	17413	17413	17413	17413	17413	17413	17413	17413	17413
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	17713	17713	17713	17713	17713	17713	17713	17713	17713	17713	17713
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	18013	18013	18013	18013	18013	18013	18013	18013	18013	18013	18013
PROYECTOR MODIFICADO	18313	18313	18313	18313	18313	18313	18313	18313	18313	18313	18313
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	18613	18613	18613	18613	18613	18613	18613	18613	18613	18613	18613
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	18913	18913	18913	18913	18913	18913	18913	18913	18913	18913	18913
PROYECTOR MODIFICADO	19213	19213	19213	19213	19213	19213	19213	19213	19213	19213	19213
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	19513	19513	19513	19513	19513	19513	19513	19513	19513	19513	19513
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	19813	19813	19813	19813	19813	19813	19813	19813	19813	19813	19813
PROYECTOR MODIFICADO	20113	20113	20113	20113	20113	20113	20113	20113	20113	20113	20113
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	20413	20413	20413	20413	20413	20413	20413	20413	20413	20413	20413
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	20713	20713	20713	20713	20713	20713	20713	20713	20713	20713	20713
PROYECTOR MODIFICADO	21013	21013	21013	21013	21013	21013	21013	21013	21013	21013	21013
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	21313	21313	21313	21313	21313	21313	21313	21313	21313	21313	21313
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	21613	21613	21613	21613	21613	21613	21613	21613	21613	21613	21613
PROYECTOR MODIFICADO	21913	21913	21913	21913	21913	21913	21913	21913	21913	21913	21913
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	22213	22213	22213	22213	22213	22213	22213	22213	22213	22213	22213
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	22513	22513	22513	22513	22513	22513	22513	22513	22513	22513	22513
PROYECTOR MODIFICADO	22813	22813	22813	22813	22813	22813	22813	22813	22813	22813	22813
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	23113	23113	23113	23113	23113	23113	23113	23113	23113	23113	23113
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	23413	23413	23413	23413	23413	23413	23413	23413	23413	23413	23413
PROYECTOR MODIFICADO	23713	23713	23713	23713	23713	23713	23713	23713	23713	23713	23713
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	24013	24013	24013	24013	24013	24013	24013	24013	24013	24013	24013
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	24313	24313	24313	24313	24313	24313	24313	24313	24313	24313	24313
PROYECTOR MODIFICADO	24613	24613	24613	24613	24613	24613	24613	24613	24613	24613	24613
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	24913	24913	24913	24913	24913	24913	24913	24913	24913	24913	24913
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	25213	25213	25213	25213	25213	25213	25213	25213	25213	25213	25213
PROYECTOR MODIFICADO	25513	25513	25513	25513	25513	25513	25513	25513	25513	25513	25513
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	25813	25813	25813	25813	25813	25813	25813	25813	25813	25813	25813
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	26113	26113	26113	26113	26113	26113	26113	26113	26113	26113	26113
PROYECTOR MODIFICADO	26413	26413	26413	26413	26413	26413	26413	26413	26413	26413	26413
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	26713	26713	26713	26713	26713	26713	26713	26713	26713	26713	26713
P. TAMBO - 1.5 (MÓLEDO)	27013	27013	27013	27013							

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Vilchez Burga  
DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 184 Santa Isabel - Carabayllo. Lima.  
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jeán - Cajamarca, 2019.  
UBICACIÓN : Jeán - Cajamarca  
FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

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

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Termino natural / Cenizas de cascarrillas de arroz: 10 %  
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
CANTIDAD : 250 Kg aprox.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO**

**Granulometría de la Muestra (MTC E 204)**

Serie Americana	Ret. Parcial (%)	Pasa (%)
2"		
3/4"		
3/8"		
N°4		100
N°200	38	62
< N°200	62	

**Límites de Atterberg**

Límite Líquido (MTC E 111) : 42  
Índice Plástico (MTC E 111) : 19

**Clasificación de Suelos**

SUCS (ASTM D-2487) : CL  
Vias Transporte (ASTM D-3282) : A-7-6 (10)

**CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO**

Descripción		Especimen N° 1	Especimen N° 2	Especimen N° 3
Energía de Compactación	(kg-cm/cm <sup>2</sup> )	27.4	12.2	6.1
Densidad Seca Antes del Remojo	(g/cm <sup>3</sup> )	1.756	1.712	1.658
Humedad de Compactación	(%)	14.7	14.7	14.7
Humedad de Penetración	(%)	17.0	17.4	17.8
Absorción	(%)	2.3	2.7	3.1
Expansión	(%)	2.14	2.53	2.68
Tiempo de Embebido	(días)	4	4	4
Sobrecarga	(kg)	4.5	4.5	4.5

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

**Proctor Modificado (MTC E 115)**

Método de Compactación : A  
Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.756  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.7  
Gravedad Específica del Agregado Global (ASTM C 127-04) \*APENDICE X1\* : --

**C.B.R. a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132)**

C.B.R. al 100 % de la M.D.S. : 12.4 %  
C.B.R. al 95 % de la M.D.S. : 7.2 %  
C.B.R. a la densidad de Campo : --

**C.B.R. a 5,0 mm de Penetración (MTC E 132)**

C.B.R. al 100 % de la M.D.S. : 15.1 %  
C.B.R. al 95 % de la M.D.S. : 9.2 %  
C.B.R. a la densidad de Campo : --

Condiciones del Ensayo : Embebido

**OBSERVACIONES:**

-- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

ERICK OSWALDO  
ZECARRA ARANDA  
Reg. CIP N° 112639  
OHL INGENIEROS S.A.C.



**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Akio Daniel Vilchez Burga  
 DIRECCIÓN : Calle Los Cardos 164 Santa Isabel - Carabayllo, Lima  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

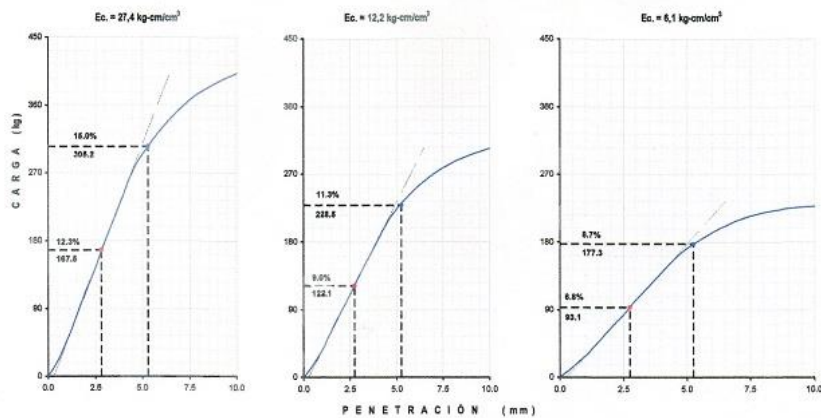
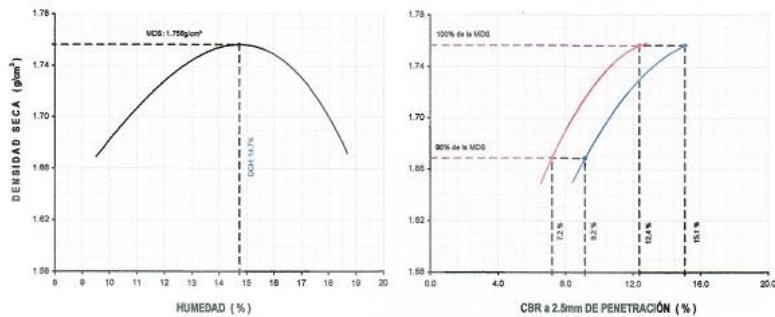
PROYECTO : Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Evitamiento Jaén - Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Jaén - Cajamarca  
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

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

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural / Cenizas de cáscaras de arroz: 10 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

PRESENTACIÓN : 05 Sacos de polipropileno  
 CANTIDAD : 250 kg aprox.



OBSERVACIONES:  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

ERICK OSWALDO  
 ZECARRA ARANDA  
 Reg. CIP N° 112639  
 OHL INGENIEROS S.A.C.



EXPEDIENTE N° 168-2019/OHL

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Aldo Daniel Viquez Burga  
 DIRECCIÓN : Calle Los Córdos 104 Santa Isabel - Carabayllo, Lima.

PROYECTO : Aplicación de obra de colocación de ante para mejorar la estabilidad de la subrasante en la Vía de Escalemiento Julián Cajamarca, 2019.  
 UBICACIÓN : Julián - Cajamarca  
 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 23 de octubre del 2019

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 11 de octubre del 2019

PREPARACIÓN : 06 Sacos de polipropileno  
 CANTIDAD : 250 kg aprox.

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Terreno natural / Cimentación de cacañales de ante: 10 %  
 DESCRIPCIÓN : Arcilla arcillosa de baja plasticidad

PRUEBA DEL MUESTRA	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)		MÉTODO DE COMPACTACIÓN		MÉTODO DE LABORATORIO (MTC E 123)							MÉTODO DE CAMPO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
N° DE MUESTRA	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PROYECTO	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)
DESCRIPCIÓN	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)	PROYECTO MODIFICADO (MTC E 119)

OBSERVACIONES:  
 - Muestra tomada e identificación por el solicitante.

INGENIERO EN GEOTECNIA  
**ENICH OSWALDO ZECARARA ARANDA**  
 REG. CIP N° 147004

**ANEXO N° 05**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**

Foto N° 1: Calicata



Elaboración propia

Foto N° 2: Traslado de muestras



Elaboración propia

Foto N° 3: Cernido en malla n° 4



Elaboración propia

Foto N° 4: Muestras para análisis químico, orgánico y clasificación



Elaboración propia

Foto N° 5: Humedecimiento de la muestra



Elaboración propia

Foto N° 6: Ensayo de Casa Grande



Elaboración propia

Foto N° 7: Rolado de la muestra



Elaboración propia

Foto N° 8: Tamizado de la muestra



Elaboración propia

Foto N° 9: peso de la muestra



Elaboración propia

Foto N° 10: secado de la muestra



Elaboración propia

Foto N° 11: Mezcla de la muestra con la ceniza de arroz



Elaboración propia

Foto N° 12: Ensayo Proctor modificado



Elaboración propia



Foto N° 13: Análisis Proctor modificado



Elaboración propia

Foto N° 14: Remojo de moldes para análisis CBR



Elaboración propia

Foto N° 15: Análisis CBR



Elaboración propia

Foto N° 16: Análisis CBR



Elaboración propia