

MATERIALES ALTERNATIVOS PARA ESTABILIZAR SUELOS: EL USO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN VÍAS DE BAJO TRÁNSITO DE PIURA

ALTERNATIVE MATERIALS FOR STABILIZING SOILS: THE USE OF RICE CASCARA DE RICE ON LOW-TRANSIT ROADS OF PIURA

Ramal Montejo Rodolfo¹
José Emmanuel Raymundo Juárez²
Jhonatan Smith Chávez Ancajima³



Recepción: 10 de noviembre 2019
Aprobación: 01 de enero 2020
DOI: <https://doi.org/10.26495/tzh.v12i1.1251>

Resumen

La investigación busca establecer una técnica de estabilización de suelos a través de residuos de la actividad agrícola, donde la ceniza de cáscara de arroz se analiza como un ente estabilizador, lo que permitirá aumentar la diversidad de materiales para la estabilización de suelos. El objetivo para realizar este estudio se basó en exponer la opción de estabilización con ceniza de cáscara de arroz como alternativas de eliminación del residuo y mejoramiento del suelo, el estudio se justifica porque amplió los materiales comunes de estabilización, además ayudó en reutilizar el residuo de cáscara de arroz, y sirve como base para futuras investigaciones en búsqueda de establecer nuevos materiales estabilizadores. La investigación usó el método descriptivo, de forma no experimental con la utilización de una encuesta, ficha de observación y análisis de datos que permitieron la recopilación de datos para la concepción de resultados, la encuesta se dirigió a los administradores de los molinos de arroz en Piura, la ficha de observación sirvió para la caracterización del suelo de una vía de dicha ciudad y el análisis de datos nos ayudó a cotejar los resultados de los estudios consultados que se hicieron experimentalmente. Los resultados son reflejados en figuras de elaboración propia que posteriormente fueron objeto de discusión y comparación con los estudios tomados como referencia. Finalmente se logró concluir que el material estudiado es favorable para realizar estabilizaciones de suelos, debido al mejoramiento de las propiedades de los suelos, disponibilidad del material, costo, y características de los suelos encontrados.

Palabras claves: Estabilización, ceniza, cáscara de arroz, suelo, costo

Abstract

The research seeks to establish a soil stabilization technique through residues from agricultural activity, where rice husk ash is analyzed as a stabilizing entity, which will increase the diversity of materials for soil stabilization. The objective to carry out this study was based on exposing the option of stabilization with rice husk ash as alternatives to eliminate the residue and improve the soil. The study is justified because it expanded the common stabilization materials, and also helped to reuse the residue from rice husk, and serves as the basis for future research in search of establishing new stabilizing materials. The investigation used the descriptive method, in a non-experimental way with the use of a survey, observation sheet and data analysis that allowed the collection of data for the conception of results, the survey was directed to the administrators of the rice

¹ Coordinador Académico de Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo, Piura – Perú, ramalm@ucv.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-9023-6567>.

² Estudiante de Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Piura – Perú, emmanuel97juare@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8438-2269>.

³ Estudiante de Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Piura – Perú, jhonatan.250.5@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3144-5307>.

mills in Piura, the observation card was used to characterize the soil of a road in that city and the data analysis helped us to compare the results of the consulted studies that were carried out experimentally. The results are reflected in figures of own elaboration that later were object of discussion and comparison with the studies taken as reference. Finally, it was concluded that the material studied is favorable for soil stabilization, due to the improvement of soil properties, material availability, cost, and soil characteristics found.

Keywords: Stabilization, Ash, Rice husk, soil, coste

1. Introducción

La actividad industrial en la agricultura trae consigo innumerables tipos de residuos que muchas veces son eliminados de forma incorrecta y sin darles un adecuado aprovechamiento, un caso muy notorio es en la producción de arroz para usos comestibles; donde la cáscara de arroz, resultante del proceso de pilado (separación del grano de arroz de la cáscara), es un residuo cuya disposición final se hace cada vez más difícil y costosa porque cada vez va creciendo más con el pasar del tiempo, debido al aumento de la industria productora de arroz.

Es por eso que se han venido analizando alternativas para el aprovechamiento de ese residuo en varias áreas, como por ejemplo en estructuras de edificaciones mediante la utilización de este residuo para hacer concreto hidráulico modificado por la sílice de la cáscara de arroz, esta es una rama de la ingeniería civil, pero esta investigación se orientó exactamente en la conformación de pavimentos, ya que, gracias al gran contenido de sílice que se encuentra en la ceniza de cáscara de arroz, ofrece una gran mejora en la caracterización de suelos que no son aptos para la conformación de subrasantes o también en la base y subbase del paquete estructural del pavimento ya que puede actuar de forma cementante.

Por ejemplo, en la India, país agrícola, pues ahí se producen cerca de 120 millones de toneladas de arroz anualmente, que como resultado deja alrededor de 24 millones de toneladas de cáscara de arroz en un solo año (Yadav, Gaurav, Kishor & Suman, 2017). Se hizo un estudio de estabilización de suelos usando como uno de los materiales agrícolas, la ceniza de cáscara de arroz, el suelo presentado es arcilloso y limoso, donde se llegó a la conclusión que este residuo agrícola mejora notablemente en las características del suelo, como en el valor de CBR, la disminución del índice de plasticidad.

La variabilidad de los suelos en el Perú, permiten buscar alternativas adecuadas para estabilizar cada tipo de suelo, de manera eficiente y eficaz. En Filipinas un estudio realizado para la estabilización de suelos expansivos con los residuos de la quema de cáscara de arroz, donde las pruebas realizadas dan muestra de que los límites de Atterberg disminuyeron en un 36,32 % el límite líquido y un 64,75% en relación al índice plástico (Adajar, Herrera & De Guzmán, 2019). Pues la mayoría de vías que se encuentran sin pavimentar son rurales o de bajo tránsito donde los suelos en la mayoría de veces son suelos denominados pobres que requerían una estabilización para ponerlos en uso, ya sea como base de un pavimento rígido o solamente como simple carpeta de rodadura.

Piura como región posee más del 80% de vías sin pavimentar, muchas de ellas se encuentran en sectores agrícolas, sin pavimentar y en pésimas condiciones de transitabilidad, estableciéndose como problema para los agricultores no poder sacar al mercado sus productos lo que conlleva a elevar los precios de ventas de los mismos. Las vías de zonas rurales están a cargo de los municipios que poco hacen por rehabilitarlas ya que muchas de ellas se encuentran construidas hasta nivel afirmado, lo que una estabilización ayudaría a mejorar sus propiedades, pudiendo así alargar su tiempo de uso útil.

Barragán y Cuervo (2019) en su trabajo “Análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanco a un suelo arenoso-arcillosos” se llevó a cabo con el objetivo de estudiar las variables físico-mecánicas en relación a la resistencia de un suelo areno arcilloso cuando se le adiciona ceniza de cascarilla de arroz comparándola con un suelo

virgen de las mismas características: Este estudio se realizó de forma experimental-descriptiva, se extrajo una muestra de suelo de una calicata tomada a 1 metro de profundidad la cual se analizó como subrasante mezclándola con ceniza de cáscara de arroz de variedad blanca, determinando las propiedades que la muestra alcanza con la adición de 1% de ceniza de cáscara de arroz teniendo como resultado que este porcentaje incrementa el valor de CBR de la muestra pero no significativamente pues los valores alcanzados fueron de 1.6% a 1.9% y en cuanto a la densidad ésta se redujo en un 0.7% pasando de 1.726 gr/cm³ a 1.71 4gr/cm³.

Este trabajo de investigación analizó los cambios presentados por las muestras de suelo mezcladas cada uno con el porcentaje establecido 1%, donde se logró determinar los valores obtenidos para suelos arenosos – arcillosos, lo que no satisfizo las expectativas del investigador, para la prueba de CBR, ya que los cambios fueron mínimos, al igual que en la prueba de densidad.

Chicaiza y Oña (2018) en su tesis titulada “Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz” plantearon como objetivo controlar la excesiva presión de expansión y expansión libre que causa el aumento de humedad analizando el proceso de estabilización son puzolana extraída de la ceniza de cascarilla de arroz empleando una metodología experimental, realizaron ensayos de laboratorio tomando muestras alteradas e inalteradas de la provincia de Manabí, exactamente de los sectores de Rocafuerte y Tosagua, obteniéndose como resultado que la ceniza de cascarilla de arroz reduce potencialmente la expansión del suelo de los sectores antes mencionados notándose que la mayor reducción del potencial de expansión se produce cuando se añade un 30% de ceniza de cascarilla de arroz a las muestras tomadas.

En esta investigación el autor uso la ceniza de cáscara de arroz como un agente para reducir la expansión y presión de suelos arcillosos, logrando obtener resultados favorables cuando se llega a añadir un porcentaje de 30 % en una mezcla homogénea con el suelo, la expansión en los suelos donde se va conformar una capa de rodadura generaría problemas como la aparición de grietas, rotura de las capas de pavimento y posterior debilitación de las mismas, conllevando a inutilización de las vías.

Alvarado y Guerra (2018) en su estudio denominado “Influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz activada alcalinamente sobre la estabilización ecológica de la mezcla suelo-sedimento en la provincia de Virú” teniendo como objetivo fijar la influencia de la ceniza de cáscara de arroz activada alcalinamente en la estabilización ecológica de la mezcla suelo-sedimento en la provincia de Virú, esta investigación experimental pura, se tomaron muestras de suelo para analizar sus propiedades en un laboratorio añadiendo ceniza de cáscara de arroz, llegando a la conclusión que el material usado como estabilizante aumenta el valor de CBR de 5.1% a 31% así mismo se notó que el ángulo de fricción interna y la cohesión aumentan.

La activación alcalina a los materiales ayuda a afianzar sus propiedades físicas y mecánicas, por lo que en un material usado en la estabilización de suelo mejora su capacidad para tal fin, es así que Alvarado (2018) logró alcanzar mediante la activación alcalina de la ceniza de cáscara mejorar los suelos puestos en prueba, en un valor ascendente 25% en la prueba de CBR, además de notarse un aumento en la cohesión y ángulo de fricción interna.

Lamoga, (2017) en su trabajo “evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016.” Tuvo como objetivo analizar el potencial de expansión y la capacidad portante adicionando cascarilla de arroz en porcentajes de 4%, 7% y 10% en suelos arcillosos usados como subrasantes, este estudio se hizo de manera experimental ya que se tomaron muestras de suelo que fueron analizadas en laboratorios mezclándolas con ceniza de cascarilla de arroz en los porcentajes de 4%,7% y 10% concluyendo que la ceniza de cascarilla de arroz reduce el potencial e expansión de suelos arcillosos, pero esto solo se da en los porcentajes de 4% y 7% y que para el 10% sucede todo lo contrario, así

mismo, con respecto al CBR se llegó a su valor máximo con los dos primeros porcentajes de ceniza de cáscara de arroz aumentando de 2.85% a 4.52% y 2.85% a 7.8% respectivamente.

El cotejo de valores de adición de material estabilizante en especímenes es común pues ayuda a escoger el que presenta mayor capacidad de mejorar la características físicas y mecánicas del suelo, los porcentajes tomados por Vásquez (s/f) muestran que para los suelos arcillosos los valores de 4 y 7 logran reducir la expansión y aumentar el CBR, en cambio el valor de 10% se nota un decrecimiento en la propiedades, notándose que al ser un residuo orgánico debe buscarse el porcentaje adecuado para cada tipo de suelo.

Para el estudio de mecánica de suelos en proyectos de infraestructura vial, la clasificación se realiza mediante el AASTHO, el cual muestra la distribución dividida en suelos granulares (A1, A2, A3) y suelos finos (A4, A5, A6, A7), los primeros están ligados a suelos que presentan un medio de 35% de material pasante por el tamiz N° 200 en porcentaje hasta los 35% estos suelos son considerados por los proyectistas de excelentes a buenos. En cambio, los suelos finos se determinan por tener gran contenido de finos que pasan por el tamiz N° 200, presentando porcentajes por encima de los 35% se consideran de regulares a malos.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones establece a las estabilizaciones de suelos como el proceso en el que interviene un agente externo con la finalidad de mejorar las características mecánicas y físicas del suelo, las estabilizaciones para ser comprobadas se requieren de un cierto número de ensayos, tantos in - situ, como ex – situ. Los ensayos más comunes relacionados para tal fin son, análisis granulométrico, límites de Atterberg, contenido de humedad, proctor modificado y CBR, éstos son la base fundamental que tienen los ingenieros proyectistas para escoger el material y porcentaje adecuado para realizar una estabilización en cualquier tipo de suelo.

La presencia del cambio climático, hace que empecemos a reutilizar desechos artificiales, así como también orgánicos, el arroz es un cereal, presente en la mayoría de las mesas familiares, pero para llegar a producir arroz blanco se siguen procesos que a su vez generan desechos. El proceso de pilado elimina como material de desecho la cáscara, esta llega a constituir un valor aproximado de 20% del peso total de arroz en cáscara (Rimache, 2008), al ser un material expansivo que llega a ocupar grandes cantidades de espacio, esto debido a su peso específico de 125 kg/m³, que aplicando la relación se podría decir que una tonelada ocupa el espacio de 8 m³ de volumen (Prada, Cortes, 2010). Por ello es que optan por quemarla donde se conoce que el porcentaje de cenizas producidas equivalen en un 14.83 – 23.94 % del total de volumen o peso de la cáscara de arroz (Acero, Rodríguez, 2011), la ceniza contiene grandes porcentajes de sílice el cual le da la consistencia cementante.

Tomándose como referencia los estudios antes expuesto, se puede decir que la ceniza de cáscara de arroz puede ser utilizada como estabilizante para las vías de comunicación pavimentadas y no pavimentadas, obteniéndose mayores alternativas para poder aprovechar la disposición final de un residuo agrícola debido al proceso industrial, además en la conformación de caminos, ayuda en disminuir los costos en los procesos de estabilización y una manera de resolver el problema de la disposición final de dicho residuo.

Para lograr direccionar la investigación se planteó como objetivo general la exposición de una alternativa para la estabilización de suelos tratando de resolver un problema actual con respecto a la gran cantidad de desecho que deja la actividad industrial de la producción de arroz teniendo en cuenta estudios que han sido corroborados experimentalmente con ensayos de laboratorio dando resultados positivos con los que se pueda asegurar que este proceso se puede llevar a cabo en suelos desfavorables que ofrecen poca capacidad de soporte. Asimismo, se establecieron objetivos específicos, determinar la disponibilidad de la ceniza de cáscara de arroz en la Provincia de Piura,

detallar los valores de costo del material viendo su influencia en proyectos viales, asimismo de planteo conocer el tipo de suelo característico en las vías de tránsito de la provincia Piura.

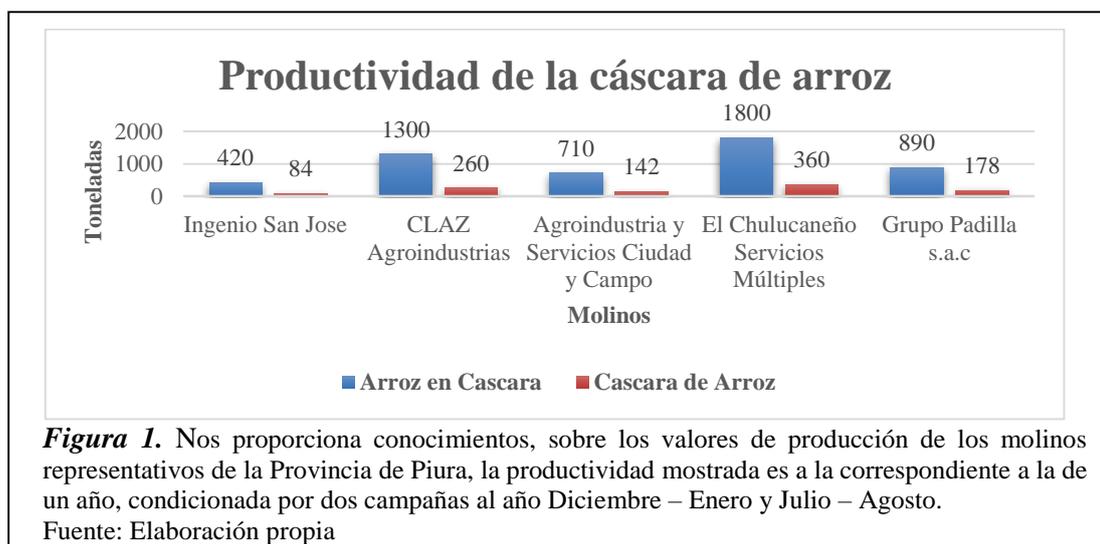
2. Materiales y Métodos

La investigación descriptiva, buscó definir las propiedades, características y perfiles de individuos, agrupaciones, asociaciones, cosas o cualquier otro fenómeno sometido a un análisis (Hernández, Fernández & Baptista, 2016). Asimismo, ayudó a explicar la estabilización de una vía de bajo tránsito que se encuentra a nivel de afirmado con un estabilizante primordial y novedoso el cual es la ceniza de cáscara de arroz y que se llevó a cabo de manera no experimental puesto que no se busca provocar situaciones, sino que se analizan situaciones que ya existen (Hernández, Fernández & Baptista, 2016), tomando en cuenta los resultados de los antecedentes.

Para poder recopilar los datos que fueron útiles para obtener resultados se hizo uso de la encuesta que es hacer un cuestionario a un conjunto representativo del universo que se está estudiando (Baena, 2014, p. 101), dicho cuestionario estuvo dirigido a los administradores de los molinos representativos de la zona, también se hizo uso de la observación directa ya que los investigadores hicieron la recolección de datos, sin tener que dirigirse a los sujetos involucrados; solamente hacen uso de su sentido de observación, esto se llevó a cabo al ir a visitar la vía en estudio para poder recaudar información mediante la observación y finalmente de hacer un análisis de contenido, este método se emplea para analizar contenido, mensaje, ideas del grupo de libros, revistas, etc., (Ñaupas et al, 2014), esto nos ayudó a la estimación de porcentajes de estabilización de suelos a base de ceniza de cáscara de arroz dados por los autores consultados y nos brindó información sobre los ensayos que nos permiten llevar a cabo ese proceso.

3. Resultados

Para la productividad de la cáscara se obtuvo al analizar el total de arroz acopiado en los almacenes de los molinos de Piura, que luego mediante el proceso de pilado es obtenida la cáscara de arroz la cual mediante teoría equivale en 20%.



La figura N° 1 nos proporciona conocimientos, sobre los valores de producción de los molinos representativos de la Provincia de Piura, la productividad mostrada es a la correspondiente a la de un año, condicionada por dos campañas al año Diciembre – Enero y Julio – Agosto. La productividad haciendo a un peso bruto total de 5120 toneladas de arroz aún en cáscara que son recepcionadas en los almacenes de cada uno de los molinos, de los cuales la mayor recepción es por parte del molino llamado “El Chulucaneño Servicios Múltiples”. Según la teoría consultada cuando al arroz en cáscara se le hace el proceso de pilado (separación del grano del arroz de la cáscara), el 20% del peso total

del arroz es solamente cáscara de arroz (Rimache, 2014), es por esto que se puede decir que de las 5120 toneladas de arroz en cáscara 1024 toneladas es de cáscara de arroz. Además, se evidencia que el molino de menor producción es el Ingenio San Jose logrando producir aproximadamente en un año 84 toneladas de cáscara de arroz, indicándonos que arroz almacenado y procesado equivale 420 tn.

El volumen de ceniza es considerado luego de pasar por el quemado, en este proceso se elimina porcentajes de humedad, cenizas volátiles y escoria, la cual es rica en minerales y sílice, el cual brinda propiedades cementantes a las mezclas donde adherida como material estabilizante.

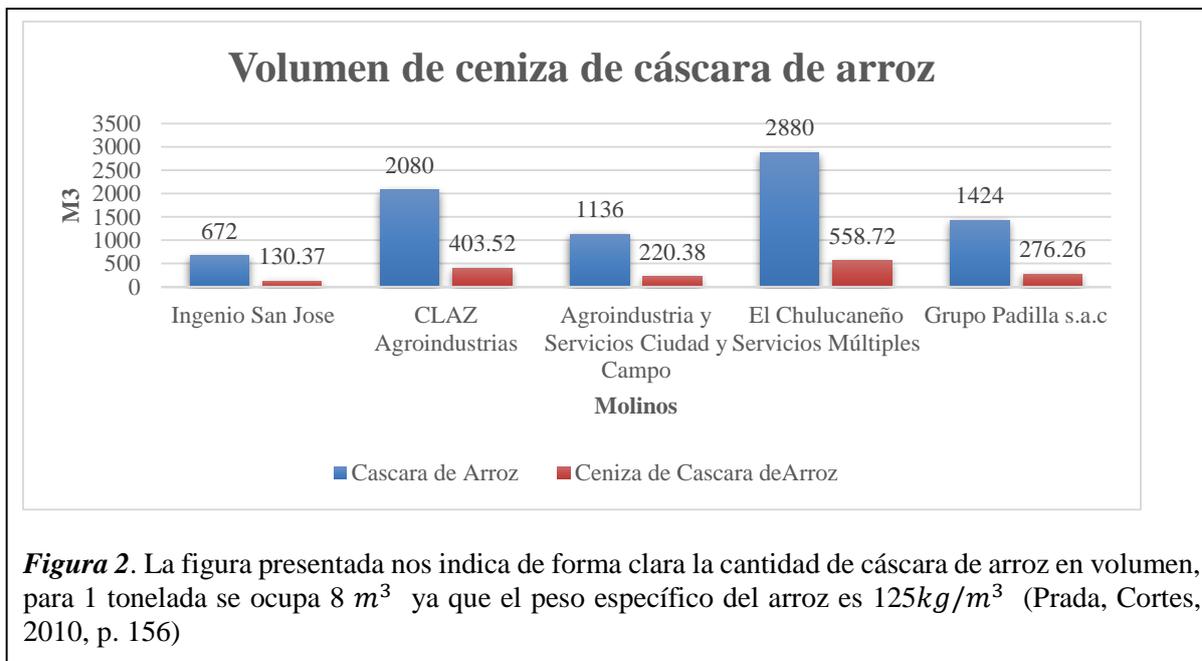


Figura 2. La figura presentada nos indica de forma clara la cantidad de cáscara de arroz en volumen, para 1 tonelada se ocupa $8 m^3$ ya que el peso específico del arroz es $125kg/m^3$ (Prada, Cortes, 2010, p. 156)

La figura presentada nos indica de forma clara la cantidad de cáscara de arroz en volumen, para 1 tonelada se ocupa $8 m^3$ ya que el peso específico del arroz es $125kg/m^3$ (Prada, Cortes, 2010, p. 156) lográndose así obtener un total de $8192 m^3$, esto reflejado en ceniza de cáscara de arroz serían $1589.25 m^3$, puesto que al quemarse la cáscara de arroz la relación de reducción en el volumen tienen valores de 14.83-23.94% (Acero, Rodríguez, 2011), siguiendo la misma línea de la producción de arroz, la mayor producción de ceniza de cáscara de arroz como residuo también la tendría el molino de nombre “ El Chulucaneño Servicios Múltiples, Notándose también que el molino CLAZ tiende a ser el segundo mayor poseedor de ceniza de cáscara con 403.5 m³ de escoria. Finalmente se puede mencionar que el molino Ingenio San José, al tener poca producción de cáscara de arroz, tendrá baja productividad en ceniza de cáscara de arroz. En resumen, se puede observar que la producción de ceniza de cáscara de arroz se basa en que más cantidad de arroz en cáscara le realizas el pilado mayores residuos tendrás, necesitando mayor espacio para el acomodo de la pajilla, para su posterior calcinación.

Conocer el precio de venta de la cáscara de arroz es importante, pues permite cotejar la influencia de costo en los proyectos que obtén por estabilizar suelos, nos daría un reflejo cuando se utiliza un material convencional a uno a base de residuos orgánicos.

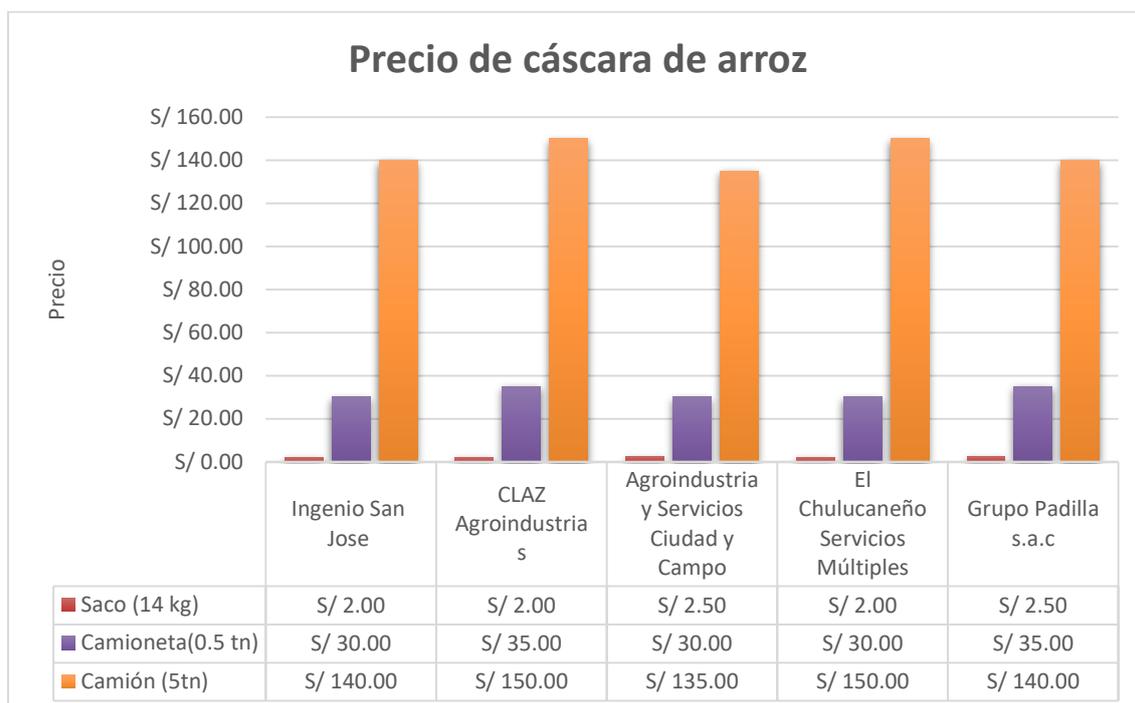


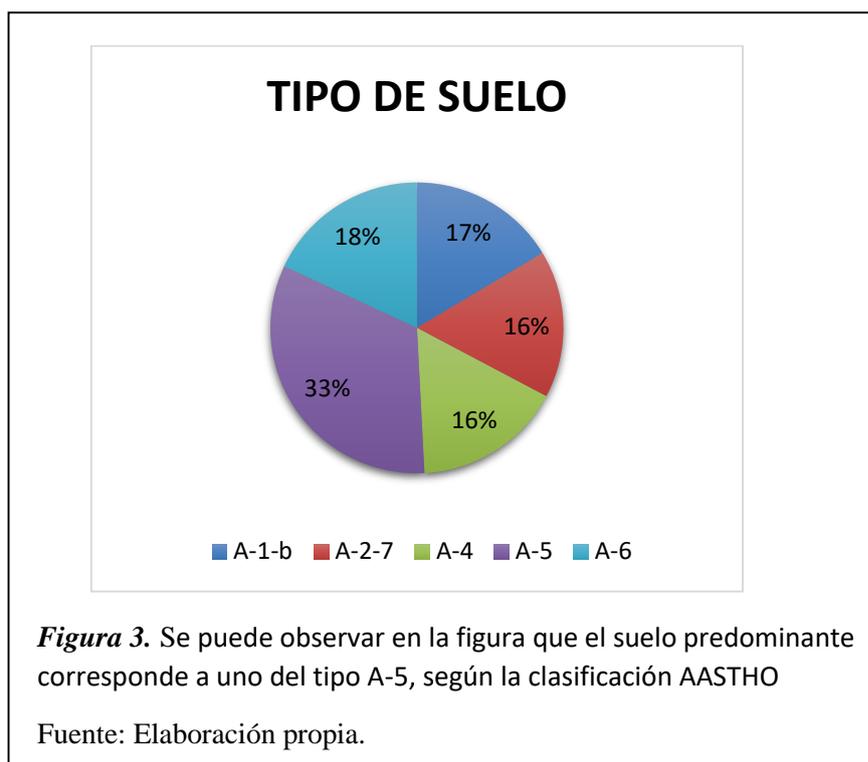
Figura 3. Esta figura nos muestra las diversas modalidades de venta de la cáscara de arroz y sus precios referenciales que han optado los diferentes molinos.

Fuente: Elaboración propia

Esta figura nos muestra las diversas modalidades de venta de la cáscara de arroz y sus precios referenciales que han optado los diferentes molinos. Haciendo un análisis de la figura, podemos ver que la modalidad de venta de sacos tiene un costo de 2.00 hasta 2.50 soles, una camioneta de media tonelada costaría de 30.00 hasta 35.00 soles y como forma final de venta tenemos que un camión de 5 toneladas tiene un precio que va desde 135.00 hasta 150.00 soles. Con los valores que se observan se puede decir que una estabilización de suelos en la zona sería económicamente factible, ya que los precios no son tan elevados y se obtienen cantidades sustanciales para llevarla a cabo. Asimismo, se puede observar que el molino “Agroindustria y Servicios Ciudad y Campo” tiene el precio más bajo de venta de cáscara de arroz en la modalidad de camión de 5 toneladas, que para proyectos viales donde se requeriría grandes volúmenes de este material saldría económico la obtención. Asimismo, cabe mencionar que los precios son a la cáscara de arroz, ya que solo dos molinos realizan el proceso de quemado, esto debido a que se requiere hacer una quema controlada para evitar la emanación de humos contaminantes.

Los molinos que realizan la quema de la cascarilla de arroz son Grupo Padilla S.A.C. y Agroindustrias y Servicios Ciudad y Campo, pero solo realizan la quema a un 50% de la producción total, su comercialización es saquillos de 15 kilos a 8 soles bajo la denominación ambigua de “Politon” el cual viene siendo utilizadas en unidades de albañilería artesanales como los adobes.

Para lograr una buena estabilización es importante el conocimiento del suelo con el cual se está trabajando, ya que de acuerdo a las características que posee se puede saber primeramente si requiere un proceso de estabilización y si es positiva, elegir que agente estabilizador usar. Para la caracterización nos ayudamos de la clasificación SUCS ya que nos brinda un mejor panorama de los suelos, luego se ordenó a que suelos pertenecían de acuerdo a la clasificación AASTHO.



Con respecto al tipo de suelo encontrado en la carretera se puede observar en la figura que el suelo predominante corresponde a uno del tipo A-5, según la clasificación AASTHO, representada en un 33% de la longitud total de la carretera y que es considerada de malo a regular junto con los suelos A-4 y A-6 que representan un 16% y 18% de la longitud de la carretera respectivamente, también se puede ver que los suelos A-1-b y A-2-7, que son considerados de excelentes a buenos, representan un 17% y 16% respectivamente. La mayor parte del suelo (67%) es mala a regular y por ende se necesita hacer una estabilización de suelos para poder mejorar las condiciones de transitabilidad de la vía.

4. Discusión

La estabilización con ceniza de cáscara de arroz busca establecerse como un nuevo método novedoso que brinda mejores resultados con respecto a los métodos tradicionales que están normados y que se usan frecuentemente, en esta sección del estudio se procederá a comparar los resultados obtenidos con los antecedentes de investigación expuestos en la primera parte del trabajo. En el trabajo de Barragán y Cuervo (2019) se estudió experimentalmente una muestra de suelo con un contenido de 1% de ceniza de cáscara de arroz, el suelo de la muestra es arenoso arcilloso, no se mostraron mejoras significativas en las características del suelo, y de acuerdo con los primeros resultados obtenidos del gráfico N°1 se tiene una gran disponibilidad de cáscara de arroz para poder llevar a cabo este estudio de manera experimental, teniendo acceso a 1024 toneladas de cáscara de arroz. Lo cual permitirá elevar el porcentaje de ceniza de cáscara de arroz y poder realizar nuevas pruebas para comparar si se eleva o mejora las propiedades mecánicas del suelo. En el gráfico N°2 que se refiere al volumen de ceniza de cáscara de arroz se reafirma la gran disponibilidad de este residuo usado como estabilizante pues se podría tener al alcance 1589.25 m³ de ceniza de cáscara de arroz y que según el trabajo realizado por Chicaiza y Oña (2018) en donde se analizaron experimentalmente muestras de suelo de la Provincia de Manabí en Ecuador que poseen un alto potencial expansivo por ser suelos arcillosos, denotaron una mejora en las propiedades físicas y mecánicas al añadirse ceniza de cáscara de arroz en porcentajes de 12, 20 y 30%, con este último

porcentaje se logró la mayor reducción del potencial de expansión de las muestras estudiadas, esto se podría lograr en la provincia de Piura ya que los resultados muestran porcentajes representativos, los cuales podrán satisfacer una estabilización con grandes porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz, también en el estudio de Ruiz y Morillo (2018) se muestran resultados favorables cuando se le añadió ceniza de cascarilla de arroz a una muestra de suelo analizada en un laboratorio, se determinó que adicionando este residuo agrícola en un 8% y un 2% de conchas de abanico a la muestra de suelo- sedimento 65%-35% presenta un máximo valor de CBR de 145, al añadir otro producto de propiedades estabilizantes es posible mejorar los valores de estabilización se solo se le añade ceniza de cáscara de arroz.

Con respecto al gráfico N°3 en donde se muestran los precios y modalidades de venta de la cáscara de arroz, se puede decir que la estabilización de suelos con ceniza de cáscara de arroz representaría valores económicos bajos para llevar a cabo este proceso en concepción de carreteras y seguido del gráfico N° 4 en el cual se refleja que el 67% del suelo de la longitud total (3km) de la carretera en estudio está conformada por suelos de tipo A-4, A-5 y A-6 que según la clasificación de suelos AASTHO son suelos que van desde malos a regulares que presentan poca capacidad de soporte por ser suelos limosos y arcillosos en los cuales una estabilización de suelos con ceniza de cáscara de arroz sería factible ya que en el estudio de Lamoga (2017) se hizo una evaluación del potencial de expansión de capacidad de soporte de suelos arcillosos del departamento de Cajamarca al añadirse ceniza de cascarilla de arroz, los resultados de este estudio son muy buenos pues al mezclarse el suelo con ceniza de cascarilla de arroz en un 4% y 7% se reduce el potencial de expansión y los valores de CBR incrementan de 2.85% a 4.52% y 2.85% a 7.8% respectivamente, se puede afirmar que el costo del proyecto se reducirá cuando es utilizado un agente estabilizante orgánico pues los resultados muestran que los precios de obtención son bajos con relación a los materiales comunes utilizados en las estabilizaciones de suelos.

5. Conclusiones

- La estabilización de suelos con ceniza de cáscara de arroz representa valores muy positivos con respecto a las mejoras que causa en los suelos que ofrecen condiciones adversas para la construcción de carreteras, al aumentar sus valores de CBR y capacidad de soporte y así también se podría dar solución al problema de disposición final de este residuo aprovechándolo en el rubro de la ingeniería civil.
- Existe una gran disponibilidad de ceniza de cáscara de arroz en la ciudad de Piura con respecto a los molinos escogidos para investigación, siendo una cantidad sustancial con la cual se podría llevar a cabo el proceso de estabilización de suelos con este residuo, pudiéndose abarcar vías de bajo tránsito, como también carreteras de mayor nivel.
- La estabilización de suelos con ceniza de cáscara de arroz, económicamente hablando, es factible porque según los valores obtenidos los precios de venta son muy bajos en las distintas modalidades de venta que han sido optadas por los molinos con mayor producción de arroz, su factibilidad se basa en que es menor el precio con los productos de estabilización convencional.
- El suelo predominante encontrado in situ en la provincia de Piura es limoso y arcilloso y es propicio para que se realice una estabilización de suelos con ceniza de cáscara de arroz como estabilizante, pues según estudios realizados experimentalmente en suelos con características similares han dado resultados muy prometedores.

6. Referencias

Acero, H., & Rodríguez, J. (2011). *Reemplazar el uso de diésel por cascarilla de arroz empleado para generación de vapor. Aspectos técnicos y Económicos*. (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

- Adajar, M., Herrera, C., y De Guzmán, J. (2010). Investigating the effectiveness of rice husk ash as stabilizing Agent of expansive soil. *International Journal of GEOMATE*. Vol. 16-58, 33 – 40. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/331113636_INVESTIGATING_THE_EFFECTIVENESS_OF_RICE_HUSK_ASH_AS_STABILIZING_AGENT_OF_EXPANSIVE_SOIL ISSN: 2186-2982
- Alvarado, C y Guerra, A. (2018). *Influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz activada alcalinamente sobre la estabilización ecológica de la mezcla suelo-sedimento en la provincia de Virú*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Baena, G. (Ed.). (2014). *Metodología de la investigación*. México: Grupo Editorial Patria S.A de C.V.
- Barragán, C y Cuervo, H. (2019). *Análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanco a un suelo areno-arcilloso*. (Tesis de Pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Cundinamarca, Colombia.
- Chicaiza, E y Oña, J. (2018). *Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de Ceniza de Cascarilla de Arroz*. (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw
- Kumar, A., Gaurav, K., Kishor, R., y Suman, S. (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*. Vol. 10 (3), 254 - 261. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1996681416301493> ISSN 1996-6814.
- Llamoga, L. (2017). *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz*. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección suelos y pavimentos*. Lima, Perú: MTC.
- Ñaupas, H. (Ed.). (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Prada, A y Cortés, C. (2010). Thermal decomposition of rice husk: an alternative integral use. *Orinoquia*. Vol. 14 (1), 155 - 170. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-37092010000300013&lng=en&nrm=iso ISSN 0121-3709
- Rimache, M. (2008). *Cultivo del arroz*. Perú: Empresa Editora Macro.