



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martín-2020”

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

**AUTORA:**

Flores Isminio, Karen Kassandra (ORCID: 0000-0003-0430-2172)

**ASESOR:**

Msc. Paredes Aguilar, Luis (ORCID: 0000-0002-1375-179X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**TARAPOTO – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

A mi padre, Luis Antonio Flores del Castillo y mi madre Cherly Isminio Lao, por el apoyo incondicional que me han brindado cada día y todo este esfuerzo y sacrificio fue pensando en ellos, y como olvidar a mis hermanos, que fueron ellos mis cómplices y que me motivaron a no decaer y seguir adelante por esta nueva etapa profesional, mis mayores elogios y estima, los quiero.

**Karen Kassandra Flores Isminio**

## **Agradecimiento**

A mis padres por el apoyo económico y en mayor escala a mi mamá por ser la amiga y persona exigente para continuar con desarrollo de tesis; y como olvidar a mi asesor al Msc. Luis Paredes Aguilar que me guio durante todo este proceso de estudio con esa exigencia y dedicación; y por último y no menos importantes a todos los amigos que hice y me apoyaron durante la indagación y desarrollo de mi desarrollo de tesis.

**Karen Kassandra Flores Isminio**

## Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de abreviaturas	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA</b>	<b>10</b>
3.1. Tipo y diseño de Investigación	10
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimientos	14
3.6. Método de análisis de datos	15
3.7. Aspectos éticos	15
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>16</b>
<b>V. DISCUSIÓN</b>	<b>27</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>30</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>31</b>
<b>VIII. PROPUESTAS</b>	
<b>REFERENCIAS</b>	<b>32</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>37</b>

## Índice de abreviaturas

Figura 1: Definición de los límites de Attemberg

8

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Composición química de la cascarilla de arroz	5
<b>Tabla 2:</b> Características físicas de la cal	6
<b>Tabla 3:</b> Clasificación de suelos según tamaño de partículas	7
<b>Tabla 4:</b> Muestras puzolanico de cascarilla de arroz y cal	12
<b>Tabla 5:</b> Cuadro de técnicas e instrumentos	13
<b>Tabla 6:</b> Características físicas y parámetros químicos de la subrasante	16
<b>Tabla 7:</b> Resultados de Proctor modificado Y CBR con suelo natural	17
<b>Tabla 8:</b> Propiedades físicas y químicas de puzolánico de cascarilla de arroz	18
<b>Tabla 9:</b> Propiedades físicas y químicas del material la Cal	19
<b>Tabla 10:</b> Dosificación del diseño de mezcla sin y con adición de puzolánico de cascarilla de arroz y cal en un porcentaje del 5%, 10% y 15%	20
<b>Tabla 11:</b> Diseño óptimo de la mezcla	23
<b>Tabla 12:</b> Resultados de Proctor modificado y CBR con la combinación 3-15%	24
<b>Tabla 13:</b> Costo por un m <sup>3</sup> para el mejoramiento de la subrasante	25

## Índice de figuras

Figura 1: Definición de los límites de Attemberg	8
Figura 2: Diseño de mezcla con y sin puzolánico	21
Figura 3: Diseño óptimo de la mezcla para la Estabilización de la Subrasante	22

## RESUMEN

La presente tesis realizada como título: “Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martin-2020”. En donde la investigación presenta teorías relacionadas al tema que explican sobre el puzolánico de cascarilla de arroz y la cal como también sus propiedades químicas, las técnicas de análisis y caracterización de materiales, Tiene como finalidad la evolución del efecto del puzolánico de la cascarilla de arroz y la cal en el comportamiento mecánico de la subrasante del suelo, es decir, busca la evaluación del efecto que tiene el uso del puzolánico de la cascarilla de arroz y la cal en la resistencia mecánica de la subrasante de la capacidad portante y además enmarca los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas y el CBR. De acuerdo con el método, se manipulará la variable independiente donde el tipo de investigación es no experimental. Además, la población y muestra es el área para trabajar. Así mismo los instrumentos de recolección de datos son protocolos estandarizados, de las cuales son los siguientes: MTC E107-2000 (Análisis granulométrico) ASTM D 422, MTC E110-2000 (Límite líquido de los Suelos) ASTM D 4318, MTC E111-2000 (Límite plástico, índice de plasticidad) ASTM D 4318, MTC E115-2000 (Proctor Modificado) ASTM D 1557, MTC E1322000 (CBR de los suelos) ASTM D 1883. Por último, la investigación se concluye que la influencia del puzolánico de cascarilla de arroz y cal en la capacidad portante, logra mejorarlo considerablemente, ya que, de acuerdo a los resultados, se determinó que hay mejora en la capacidad de soporte del suelo convirtiéndolo en un suelo apto para ser usado como subrasante, volviendo al terreno más estable.

Palabras clave: Estabilización de Subrasante, puzolánico de cascarilla de arroz y cal.

## ABSTRACT

The present thesis carried out as a title: "Subgrade stabilization using pozzolanic rice husk and lime to improve bearing capacity, San Martin-2020" Where the research presents theories related to the subject that explain about the pozzolanic of rice husk and lime as well as its chemical properties, the techniques of analysis and characterization of materials, Its purpose is the evolution of the effect of pozzolanic of rice husk and lime on the mechanical behavior of the subgrade of the soil, that is, it seeks the evaluation of the effect that the use of pozzolanic in rice husk and lime has on the mechanical resistance of the subgrade of the bearing capacity and also frames the tests to determine the physical and mechanical properties and the CBR. According to the method, the independent variable where the research type is non-experimental will be manipulated. Also, the population and sample is the area to work. Likewise, the data collection instruments are standardized protocols, of which are the following : MTC E107-2000 (Granulometric analysis) ASTM D 422, MTC E110-2000(Liquid limit of the Soils) ASTM D 4318, MTC E111-2000 (Plastic limit, plasticity index) ASTM D 4318, MTC E115-2000 (Modified Proctor) ASTM D 1557, MTC E1322000 ( CBR of the floors) ASTM D 1883 Finally, the investigation concludes that the influence of pozzolanic rice and lime husk on the bearing capacity, since, according to the results, it was determined that there is improvement in the bearing capacity of the soil, converting it into a soil suitable to be used as a subgrade, making the terrain more stable.

Keywords: Subgrade stabilization, pozzolanic of rice husk and lime.

## I. INTRODUCCIÓN.

En la **realidad problemática**, se describe desde el **ámbito internacional**, en el país de Brasil se realizó un artículo de cenizas de cáscara de arroz y la reacción álcali sílice, se observó que Esto significa que se deben estudiar varias alternativas finales y alternativas que usan minerales, hormigón y cemento. (Batic, Giaccio y Zerbino e Isaia, 2010, p. 10); en el **ámbito nacional**, la tesis realizada en la ciudad de Trujillo que lleva por nombre “Comparative analysis between the compressive strength of Traditional Concrete and Lime Modified Concrete from Fan Shells” Se realizó la investigación con el fin de permitir mejorar la rigidez a compresión con la incorporación de cal de conchas abanico con un  $F'C = 175 \text{ kg/cm}^2$ , basado en la norma técnica peruana 400.037 y ASTM C22.(JIMMY, 2019, p. 5); en el **ámbito local**, la tesis realizada en la ciudad de Moyobamba que lleva por nombre “Influence of the mixture of Portland cement and rice husk ash to improve the subgrade of the Puerto Los Ángeles - Playa Hermosa highway, provincia de Moyobamba - San Martín - 2017” en la investigación obtuvieron los siguientes resultados que la dosificación para un suelo CL es de 6% de cemento tipo I y ceniza de cáscara de arroz con un 15%, para un ML utilizar cemento 6% y de puzolana de cascarilla de arroz 10%.(VILLY, 2018, p. 39); De acuerdo a las realidades problemáticas se procederá a realizar la presente investigación denominada “Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarillas de arroz con mezcla de cal para mejorar la capacidad portante, San Martin-2020”; a todo esto, se planteó la **formulación del problema**, se concentró en el **problema general**: ¿Será posible la estabilización de la subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martin-2020? ; también se obtuvieron los **problemas específicos**: ¿Cuáles son las características físicas - mecánicas y parámetros químicos de la subrasante donde se va efectuar la investigación para mejorar la capacidad portante, San Martin, 2020?; ¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas del puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martin - 2020?; ¿Cuál es el diseño de la mezcla para la estabilización de la subrasante sin adición y con adición de puzolánico de cascara de arroz y cal, en un porcentaje del 5%, 10% y 15% en peso, San Martin, 2020?; ¿Cuál es el diseño óptimo de la mezcla para la estabilización de la

subrasante utilizando puzolánico de la cascarilla de arroz y cal, San Martín, 2020?; ¿Cuál es el costo de un metro cúbico de la mezcla para la estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal, San Martín 2020?, no obstante, **la justificación de estudio** se jerarquiza en **justificación teórica**: Donde la investigación se realizará con el fin de aportar resultados obtenidos de manera aplicativa que servirá como implementación de conocimientos sobre el diseño de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para aumentar la capacidad portante, extrayendo de la NORMA CE.020 estabilización de suelos; en seguida tenemos como **justificación práctica**: La presente investigación se desarrollara porque se ve la necesidad de perfeccionar la capacidad portante con el desperdicio puzolánico de partículas de arroz y cal se efectúa para facilitar las soluciones posibles para actualidad en la sociedad de los problemas que ocurren en las carreteras que nos permitirán disminuir las causas como las pérdidas económicas y sociales. A través de estos obtengamos resultados precisos mediante estudios de mecánica de suelos, una vez obtenidos los estudios se optara por su aprovechamiento para mejorar la fuerza portante, San Martín; de esta manera la **justificación por conveniencia**: La investigación Buscará brindar una alternativa de solución con respecto a la mejora de la capacidad portante y brindar novedosas alternativas que permitan el uso puzolánico para la construcción de carreteras como componente, puzolánicos y cal que pueden ser usado como material estabilizador porque mejora las propiedades y no es un material no tradicional. Por lo tanto, la **justificación social**: Esta investigación está planteando como una alternativa de solución económica para el uso de material puzolánico para aumentar la capacidad portante, de esta manera tener mejores accesos a los productos y así mejorar la estabilidad económica de la sede de investigación San Martín; y por último **justificación metodológica**: Dentro del proceso centrado en cumplir los objetivos de esta esta investigación se encuentra en uso de programa Microsoft Excel, AutoCAD 2d y Para la validación de las variables el programa IBM SPSS statistics 22. Del mismo modo los estudios al modelo propuesto de estabilización de suelo con material de puzolana en el laboratorio de mecánica de suelos. De esta manera se procedió a identificar los **objetivos** como el principal tenemos el **objetivo general**: Determinar el diseño de la

mezcla para estabilizar la subrasante incorporando material puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martin, 2020; derivando en los **objetivos específicos**: Determinar las características físicas - mecánicas y parámetros químicos del suelo existente en la subrasante donde se va efectuar la investigación para mejorar la capacidad portante, San Martin, 2020; Determinar las propiedades físicas y químicas del puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martin, 2020; Elaborar el diseño de la mezcla para la estabilización de la subrasante sin adición de puzolánico de cascarilla de arroz y cal y con adición de puzolánico de cascarilla de arroz y cal en un porcentaje del 5%, 10% y 15% para estabilizar la subrasante; Elaborar el diseño óptimo de la mezcla para la estabilización de la subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal, San Martin, 2020; Determinar el costo de un metro cubico de la mezcla para la estabilización de la subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal San Martin, 2020. Y finalmente se procedió a identificar la **hipótesis** para ello se formuló la **hipótesis general**: La estabilización de la subrasante incorporando puzolánico de cascarilla de arroz y cal se mejorará la capacidad portante, San Martin, 2020. Por lo tanto, las **hipótesis específicas** son las siguientes: Las características físicas - mecánicas y parámetros químicos de la subrasante mejorará la capacidad portante, San Martin, 2020; Las propiedades físicas y químicas del puzolánico de cascarilla de arroz y cal ayudarán a mejorar la capacidad portante, San Martin, 2020; El diseño de mezcla para la estabilización de subrasante sin y con adición de puzolánico de cascarilla de arroz y cal, en un porcentaje del 5%, 10 y 15% en peso mejorará la capacidad portante, San Martin, 2020; El diseño óptimo de la mezcla para la estabilización de la subrasante, adquirirán resultados significativos a la capacidad portante, San Martin, 2020; La elaboración de un metro cubico de la mezcla para la estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal será rentable por su bajo costo, San Martin, 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

Se utilizaron como trabajos previos a fin de obtener los **antecedentes**, en relación **a nivel internacional** según: DEEPAK, Gupta. *Impacto de la ceniza volante y la cascarilla de arroz sobre el comportamiento de deformación permanente de los suelos de la subrasante bajo carga triaxial cíclica*. (Artículo científico). Revista Mecánica de rocas e Ingeniería Geotécnica, 2017: 11 (1). Concluye que: Un aumento en la dosis de bagazo de caña causa una reducción en el MDD y la mejora en OMC y se encuentra que tanto la cascarilla de arroz como PA tienen un comportamiento puzolánico confirmado a partir de los resultados de XRD. Por lo tanto, ambos pueden usarse como materiales de reemplazo parcial para el cemento. Se encuentra que el beneficio potencial de la estabilización depende en gran medida del tipo / cantidad de estabilizadores. Adición de productos de PA mejores propiedades mecánicas. Como también: KUMAR, Anjani. *Estabilización de suelo para subrasante utilizando cenizas de cascarilla de arroz, ceniza de cascara de caña de azúcar y ceniza de excremento de vaca para caminos rurales*. (Artículo científico) Revista Internacional de Investigación y Tecnología de pavimentos, 2017: 8(1). Concluye que: El suelo aluvial se identificó como capa intermedia de plástico (IC) en el sistema de clasificación de Indian Standard. Concluyo que se utilizaron tres materiales de desecho como RHA, SCBA y CDA para estabilizar el suelo para la construcción de carreteras. Se encontró una propiedad cementosa suficiente en RHA y SCBA en lugar de en CDA que, al agregar diferentes cenizas en el suelo, la plasticidad disminuye con un crecimiento en la proporción de polvo de 2.5% a 12.5%, respectivamente la característica de compactación del suelo estabilizado depende de la naturaleza plástica del suelo. Para el suelo de plástico mediano, la adición de estabilizador al suelo redujo la densidad seca máxima al tiempo que aumenta la humedad óptima independientemente al tipo de estabilizador. **A nivel nacional**, Según: LLAMOGA, Luz. *Diagnosis of expansion potential and bearing capacity of clayey soils used in subgrades by adding rice husk ash, Cajamarca*. (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca. 2016 concluye que: Con la incorporación de cenizas al 4% y 7% disminuye la potencial expansiva e incrementa la capacidad de carga del suelo y lo contrario con la adición al 10% aumenta la plasticidad de este modo incrementa la expansión del suelo. Con

respecto al CBR de 4% y 7% de cenizas se lograron los máximos valores, para un 4% de CBR se incrementó cenizas de 2.85% a 4.85%, con un CBR de 7% aumento de 2.85% a 7.8%, pero con el 10% de adición de cenizas el ensayo de CBR decreció de 2.85% a 2.00%. Por lo tanto, **A nivel local**, según: PEREZ, Villy. *Influencia del diseño del cemento portland y la ceniza de cáscara de arroz para mejorar la sub rasante*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Moyobamba - Perú. 2017. Concluye: Llego a las siguientes conclusiones que para un suelo tipo CL es recomendable usar cemento 6% y ceniza puzolana al 15%; en suelos ML 6% cemento y cenizas al 10% como ultima estudio de suelo tipo CH usar cemento 6% y el 20% material puzolana de cascarilla de arroz. En cuanto a los resultados de CBR con la adición de estos dos materiales cemento y ceniza se logra alcanzar una resistencia máxima de CBR de 60.43% en el ensayo más crítico. Mencionando que puede ser utilizado en el uso de sub rasante. A continuación, en las teorías relacionadas al tema con respecto a la variable independiente, tenemos como conceptos los siguientes términos: **cascarilla de arroz** se refiere que, es de estabilidad delicada, corrosivo proveniente de la industria molinera. De baja densidad, con un peso específico de 124 kg/ m<sup>3</sup> (VARÓN, 2005, p. 156).

**Tabla 1**

*Composición Química Cascarilla de Arroz y Cenizas de la Cascarilla de Arroz.*

CASCARILLA DE ARROZ		CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39.01	Ceniza de sílice (SiO <sub>2</sub> )	94.1
Hidrógeno	5.02	Óxido de calcio (CaO)	0.55
Nitrógeno	0.6	Óxido de magnesio (MgO)	0.95
Oxígeno	37.2	Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	2.10
Azufre	0.1	Óxido de sodio (Na <sub>2</sub> O)	0.11
Cenizas	17.8	Sulfato	0.06
		Cloro	0.05
		Óxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.05
		Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.12
		Otros componentes (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.82
Total	100.0	Total	100.00

**Fuente:** Tabla extraída de VARÓN. La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral, 2005, p.156.

**La cal** con la NTP 334.125:2002. Producto que se origina de la desintegración de las rocas ( $\text{CaCO}_3$ ) por fuerza del calor. Son calentamientos que se dan poco más de  $900\text{ }^\circ\text{C}$  para obtener el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), denominado cal, producto sólido de característica blanca y peso específico de  $3300\text{ Kg/m}^3$ . La cal reacciona violentamente en contacto con el agua, con desprendimiento de calor que alcanza los  $90\text{ }^\circ\text{C}$ , realizándose la hidratación obteniéndose una pasta blanca llamada cal hidratada. Para formarse entonces el hidróxido de calcio o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . En la tabla N°02 se describe las propiedades físicas y químicas de la cal y los cuales se mencionan a continuación: (ICG & GERENCIA, 2010, pág. 3).

**Tabla 2**

*Características físicas de la cal.*

<b>Formula</b>	<b>CaO</b>
Color	Blanco
Densidad	$3300\text{ Kg/cm}^3$
Estado de agregación	Sólido
Masa molar	$56.10\text{ g/mol}$
Punto de fusión	$2927^\circ\text{C}$
Solubilidad de agua	Reacciona

**Fuente:** Tabla extraída del Instituto de la Construcción y Gerencia ICG.

**Estabilización:** Es el recurso de mejorar el estado del suelo mediante cal o cemento;(FEMÁNDEZ, 1991). **Densidad y humedad** como referencia la Norma CE. 020 menciona que, la humedad y densidad son muy importantes en suelos compactados basándose en sus propiedades, sobre todo en su esfuerzo y deformabilidad; **Carbonato de calcio Caco** de la Norma CE. 020 suelos y taludes, conocido como caliza, presenta baja solubilidad en agua –  $0,013$  por cada  $100\text{ g}$  de agua y se utiliza en la producción de vidrio y cemento, pero también como correctivo de la acidez de los suelos (Abelardo prada, caroll y cortes,2010, p.161); **Silicio** de la Norma CE. 020 suelos y taludes encontramos que la CCA en sus propiedades químicas contiene porcentajes apreciables muy altos de sílice, lo cual se estima simplemente normal. (Salas, et al, 1986, p.29); **Sales** de la Norma CE. 020 suelos y taludes Son originadas a partir de la agresividad entre un ácido con una base. Al neutralizar las sales no presentan

excesos de iones de hidrogeno (sales acidas) no reportan exceso de iones de hidroxilo (sales básicas), en ellos poseemos el cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>), se estudiaron numerosas cantidad de sales en el laboratorio, cabe mencionar que por factores económicos y a la escasez de las sales solo se pudieron realizar algunas, siendo usadas numerosas veces el cloruro de sodio y el cloruro de calcio, utilizadas primordialmente para el control de polvo (Axel,2017,p.42); **Clasificación** según la norma ASTM D-2487 clasificación de suelos. Se obtiene diferentes resultados a partir del tamaño que compone el suelo.es por ello que se realizan diversos estudios para poder identificar el tipo y consistencia del suelo; **Granulometría** en conformidad con el Manual de carreteras suelos y pavimentos (2013) la norma MTC E 107-ASTM D422 menciona que un suelo representa la distribución de partículas de diferentes tamaños según el análisis granulométricos y expresados en porcentajes en relación a la masa seca. Las partículas de tamaño mayor son fáciles de moverse, en cambio las partículas muy finas no se calculan con facilidad, la composición granulométrica se usa para caracterizar la providencia que potencia tener sobre la consistencia del elemento compactado, (CRESPO, 2004, p.46).

**Tabla 3**

*Clasificación de suelos según tamaño de partículas.*

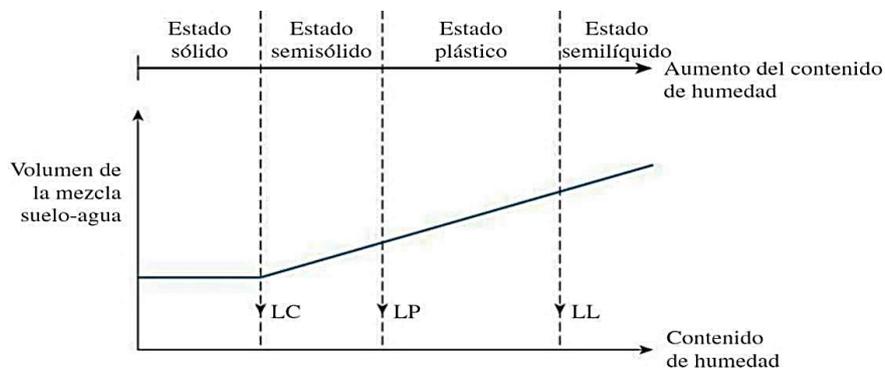
Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75. mm—2.00.mm
		Arena media:2.00mm-0.425mm
		Arena fina:0.425mm-0.075
Material	Limo	0.075mm-0.005
Fino	arcilla	Menor a 0.005mm

**Fuente:** Tabla extraída del Manual de Carreteras Sección de Suelos y Pavimentos.

**Contenido de humedad** es propia humedad natural del suelo (ensayo MTC E 108) permitirá hacer la comparación óptima de Proctor para obtener la capacidad resistente del suelo, sí resulta igual o inferior a la humedad óptima, el desarrollador propondrá la compactación normal del suelo y la cantidad de agua conveniente, (MANUAL DE CARRETERAS, 2013, p.39). **Límites de Atterberg;** nos indican que: la plasticidad es la característica que tiene un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas y el límite plasticidad es utilizado para dimensionar la conducta de los suelos finos, aunque estos varíen su comportamiento a lo largo del tiempo, también se pueden dividir en cuatro categorías dependiendo su grado de humedad, estado sólido, estado semisólido, plástico y líquido, este resultado varía de acuerdo a la cantidad de agua que se pueda ir agregando. (BADILLO y RICO 2016, p. 123).

**Figura 1.**

*Definición de los límites de attemberg.*



**Fuente:** Figura extraída BRAJA. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, 2015, p.16.

**Límite líquido** (MTC E 110-ASTM D4318) de acuerdo al MANUAL DE CARRETERAS SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS, 2013, p.39. Se designa límite líquido (LL). Es el proceso de humedad pasante de un estado semilíquido a un estado plástico. A esta medida de contenido de humedad del suelo está en el vértice de transformar su comportamiento al de un fluido adherente. (CRESPO, 2004, p.70); **Límite plástico** (MTC E 111- ASTM D4318); es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico. Y la humedad se expresa en porcentajes, cuando el suelo alcanza 3,2 mm de diámetro, se separa. (DAS, 2001, p.29); **Proctor estándar** es una manera de ensayo que cubre los pasos de compactación en el laboratorio

que se utilizan para determinar las relaciones entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelo compactados en un tamiz con un diámetro de 101,6mm (12 400 pielbf/pie3)” (manual de ensayo de materiales, 2016, p.119); **California Bearing ratio (CBR)**;(MTC 249-ASTM D1883)nos indican que: “El estudio de CBR es ampliamente utilizado para el diseño de pavimentos flexibles, puede determinarse in situ o en laboratorio” (p. 380). Es un ensayo que nos permitirá comprobar la índole de los materiales de acuerdo a su resistencia, este nos proporcionará su índice de penetración, cabe mencionar que para la realización de este ensayo el suelo debe estar saturado para simular su estado más crítico, se recomienda realizar un mínimo de cinco ensayos, (RONDON y REYES 2015); **Compactación** en el reglamento E.050 de suelos y cimentaciones nos dice que es una forma para llegar a la consistencia de volumen, dado un procedimiento efectivo y accesible para acrecentar el suelo y otros elementos que resistan las tensiones convenientes con deformidad constante adecuada” (CAÑAR, 2017, p.15); **Capacidad de carga**, de la norma E 050 Suelos y cimentación 2018,se diagnostica a la carga de resistencia que pueden presentarse ante las deformaciones de las cargas aplicadas. Muestran elementos que influyen en la capacidad de soporte de los suelos como la resistencia del esfuerzo cortante, éste se somete de la densidad y su humedad, y llegar a capacidad portante del suelo (CBR), (Kraemer, Pardillo, Rocci, Romana y Blanco, 2004, p.349).

### III. METODOLOGÍA.

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

Esta investigación es aplicada, porque busca mejorar la capacidad portante mediante la realización de pruebas y ensayos de propiedades físicas y químicas del puzolánico de cascarilla de arroz y cal mismos que buscan ser una respuesta inmediata frente a la realidad problemática de la zona, San Martín.

El presente trabajo es de tipo experimental y estará dado por el tipo pre-experimental porque se evaluará el accionar de la variable dependiente. Se desea conocer los efectos de una variable en otra, con el fin de lograr objetivos planteados.



**M** = Muestra donde se procesa la variable de estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal.

**C.P**= Comparación de prototipos.

**R** = Resultado del procesamiento de las variables.

#### **Grupo Experimental N°01:**

Estabilización de subrasante con el 5%. de cascarilla de arroz y cal.

#### **Grupo Experimental N°02:**

Estabilización de subrasante con el 10%. de cascarilla de arroz y cal.

#### **Grupo Experimental N°03:**

Estabilización de subrasante con el 15% de cascarilla de arroz y cal.

#### **Grupo de control:**

Estabilización de subrasante con 0%.

O1= La evaluación se realizó a los 7 días.

O2= la evaluación se realizó a los 14 días.

O3= la evaluación se realizó a los 28 días.

El diseño de investigación se presenta en el siguiente cuadro:

GE(1):	X1(estabilización de subrasante con el 5%)	O1(7d)	X1(estabilización de subrasante con el 5%)	O2(14d)	X1(estabilización de subrasante con el 5%)	O3(28d)
GE(2):	X2(estabilización de subrasante con el 10%)	O1(7d)	X2(estabilización de subrasante con el 10%)	O2(14d)	X2(estabilización de subrasante con el 10%)	O3(28d)
GE(3):	X3(estabilización de subrasante con el 15%)	O1(7d)	X3(estabilización de subrasante con el 15%)	O2(14d)	X3(estabilización de subrasante con el 15%)	O3(28d)
GC(0)	X0(estabilización de subrasante con 0% de cascarilla de arroz y cal)	O1(7d)	X0(estabilización de subrasante con 0% de cascarilla de arroz y cal)	O2(14d)	X0(estabilización de subrasante con 0% de cascarilla de arroz y cal)	O3(28d)

### 3.2. Variables y operacionalización.

**Variable Independiente:**

Puzolánico de cascarilla de arroz y cal.

**Variable independiente:**

Estabilización de subrasante.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

FIDIAS (2012) manifestó: “es un conjunto numeroso de elementos con distintas características y objeto investigación por lo cual los análisis serán extensos. (p. 81). La población correspondiente de esta investigación está conformada por la progresiva 00+000 km - 10+000 km definida por los suelos arcillosos que está ubicado en San Martín.

#### Muestra

WIGODSKI (2010) manifestó: “La muestra es una parte representativa de la población. El modelo dependerá de la calidad y cuan característico se quiera sea el análisis de la población” (p.1).

**Tabla 4**

*Muestras puzolánico de cascarilla de arroz y cal.*

Puzolánico de cascarilla de arroz y cal	Medición			Parcial
	7 días	14 días	28 días	
0%	01 unid.	01 unid.	01 unid.	03 unid.
5%	01 unid.	01 unid.	01 unid.	03 unid.
10%	01 unid.	01 unid.	01 unid.	03 unid.
15%	01 unid.	01 unid.	01 unid.	03 unid.
<b>Total</b>				<b>12 unid.</b>

**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

Los materiales fueron extraída de la carretera de San Martín; está comprendida de 10.00km, teniendo como muestra la progresiva 1+000 km la zona más crítica, comprendiendo de 30 kg de material en total a extraer, con 30kg para el ensayo de granulometría; 6kg para el ensayo de densidad; 6kg para el ensayo de humedad natural; 6kg para el ensayo de CBR (6 kg

para los tres moldes con material estándar y 6kg para los tres ensayos cada una de las tres dosificaciones del 5%, 10% y 15% respectivamente a investigar); Cabe mencionar la Norma CE. 020 suelos y taludes del RNE indican que la excavación de las calicatas debe ser de 1.50 m de profundidad.

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

Para BEHAR (2008) manifestó: “Conduce la verificación del problema planteado, establece sus herramientas, instrumentos o medios que serán empleados” (p. 55).

Para este proyecto se empleó la técnica de extraer la muestra para los respectivos ensayos de los suelos en San Martín con cierta incorporación de puzolana de cascarilla de arroz y cal con el 5%, 10% y 15%.

#### Instrumento

HERNANDEZ y et al (2014). Manifiestan: “Requerimiento utilizado por el indagador para patentar información sobre las variables” (p. 199).

Para la medición de las variables se empleará el uso del laboratorio de mecánica de suelos y materiales, que cuenta con los equipos estandarizados y los formatos de ensayos necesarios, válidos y confiables.

**Tabla 5**

*Cuadro técnicas e instrumentos.*

TÉCNICAS	INSTRUMENTO	FUENTE
- Análisis físicos y mecánicas del suelo.		Laboratorio de suelos y materiales.
- Análisis de las propiedades químicas y físicas del puzolánico de la cascarilla de arroz.	Formatos de recolección de datos.	
- Dosificación.	Formatos de recolección de datos.	
- Análisis de costo y presupuesto.	S10 Costos y presupuestos.	Norma técnica de metrados según CAPECO.

**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

## **Validez y confiabilidad.**

### **Validez.**

HERNANDEZ y et al (2014). Manifiestan: “Describe a la altura en el que una herramienta calibra realmente la variable, que indaga evaluar” (p. 200).

### **Confiabilidad.**

HERNANDEZ y et al (2014). Manifiestan: “que cita a KELLSTEDT y WHITTHEN que la confiabilidad de un instrumento de medición produce resultados consistentes y coherentes” (p. 200).

La presente investigación será validada en conformidad con la NTP y el programa

## **3.5. Procedimientos.**

**Estudios físicos - mecánicos:** Se elaboró los ensayos de granulometría; contenido de humedad; límites de Atterberg, límite líquido y límite plástico; Proctor estándar; CBR y capacidad de carga a los que fueron sometidos los suelos arcillosos de acuerdo a las especificaciones técnica que estipula la Norma Técnica Peruana.

**Propiedades físicas y químicas:** Se ejecutó según lo indica la Norma Técnica del Perú para determinar los índices mediante ensayos químicos como carbonato de calcio; silicio y sales. Ensayos físicos como densidad y humedad.

**Dosificación:** Se procedió con los ensayos de clasificación con el 5%, 10% y 15%, contenido de humedad y CBR. Con el sostén de acuerdo a las especificaciones técnicas que señala la Norma Técnica Peruana.

**Costos y presupuestos:** Se realizó los costos y presupuestos teniendo en cuenta la normativa de Capeco.

### **3.6. Método de análisis de datos**

En la tesis opté por la utilización de los estudios de ingeniería, se efectuaron en un laboratorio debidamente certificado

### **3.7. Aspectos éticos.**

S aprecio la norma ISO 690-2 que me proporcione citar lo expuesto respetando los valores éticos y los derechos de autores obtenidos a partir de los artículos científicos, normas, libros, tesis y revistas empleadas. De la misma manera los investigadores aseguran la veracidad y autenticidad de los resultados adquiridos con la recolección de datos y procesados con el paquete ofimática Microsoft Excel 2013, así como de los ensayos de laboratorio.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Determinar las características físico - mecánicas y parámetros químicos del suelo existente en la subrasante donde se va efectuar la investigación para mejorar la capacidad portante.

**Tabla 6**

*Características físicas y parámetros químicos de la subrasante.*

<b>Descripción</b>	<b>Calicata (N°01)</b>	<b>Calicata (N°02)</b>
<b>Características Físicas</b>		
Limite Líquido (%)	40.80	41.00
Límite Plástico (%)	19.90	20.30
Índice Plástico (%)	20.90	20.70
% Pasa Tamiz N°4	100.00	100.00
% Pasa Tamiz N°200 ASTM	83.20	89.90
Clasificación SUCS	CL	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (12)	A-7-6 (12)
Hum. Natural "In Situ" (%)	15.39	15.95
Profundidad de Perforación (m.)	0.00 – 1.50	0.00 – 1.50
Progresiva (km)	0+150	3+300
Capacidad Portante kg/cm <sup>2</sup>	0.85	0.85
Peso específico (gr/cc)	2.63	2.63
<b>Parámetros Químicos</b>		
pH	4.06	4.06
C.E.	0.305	0.305
Sales Solubles (PPM)	0.036	0.036
Cloruros (PPM)	0.00129	0.00129
Sulfatos (PPM)	0.0039	0.0039

**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

### Interpretación:

Con los resultados correspondientes de las características físicas de la muestra se determinó la Calicata N°1 y Calicata N°2; por lo que más de la mitad de la muestra del suelo pasan por la malla N°200 (apertura 0.074 mm) por lo tanto se clasificó mediante SUCS como suelo (CL); por lo que la Calicata N°1 fue estimada como el suelo más deficiente con los valores correspondientes L.L.=40.80%, L.P.=19.90%, Índice de Plasticidad (IP)=20.90%, Hum. Natural "In Situ" de 15.95%, Capacidad Portante de 0.85kg/cm<sup>2</sup> y Peso específico de 2.63gr/cc; por lo que se clasificó como arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL).

En AASHTO la C-1 y C-2 se evaluó los porcentajes de suelo que pasaron por la malla número 4; sus propiedades plásticas y el IG, por lo que es necesario conocer los valores del LL, LP y IP, por lo que se clasificó en un suelo arcilla inorgánica de baja plasticidad denominado A-7-6(12).

En la tabla 6 se observa los siguientes valores en cuanto a los parámetros químicos para la Calicata N°01 y Calicata N°02 con un pH de 4.06%, C.E. de 0.305, Sales solubles (PPM) es de 0.036%, Cloruros (PPM) 0.00129, Sulfatos (PPM) es de 0.0039.

**Tabla 7**

*Resultados de Proctor modificado Y CBR con suelo natural.*

Proctor modificado Y CBR								
SUELO TIPO	Dens. Máx. (gr/cm <sup>3</sup> )	Opt. Hum. (%)	C.B.R. al 95% Dens. Máx.	C.B.R. al 100% Dens. Máx.	Expansión			
					Molde I	Molde II	Molde III	
PROCTOR MODIFICADO (CL) Arcilla inorgánica de Mediana plasticidad.	1.799	13.10						
CBR			5.90	9.40	3.17	3.31	3.54	

**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

## Interpretación

El resumen de la tabla 7, muestra el porcentaje óptimo de humedad por el cual el suelo ha sido compactado en un 13.10%, se observó también que la densidad máxima seca del Grupo Control (Calicata N°01) presenta un valor de 1.799 gr/cm<sup>3</sup>,

Y un CBR al 95% de densidad máxima que es 5.90 y al 100% es 9.40, y la expansión tiene los siguientes valores de 3.17% – 3.31% – 3.54% respectivamente.

### 4.2. Determinar las propiedades físicas y químicas del puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante.

**Tabla 8**

*Propiedades físicas y químicas de puzolánico de cascarilla de arroz.*

<b>Puzolánico de Cascarilla de arroz</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
<b>Propiedades Físicas</b>		
Humedad (%)	0.80	-
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	3.44	-
Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> )	0.327	-
Peso unitario compactado (g/cm <sup>3</sup> )	0.399	-
<b>Propiedades Químicas</b>		
SiO <sub>2</sub>	87.18%	Sílice
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.68%	Óxido de aluminio
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.56%	Óxido Férrico
CaO	1.27%	Óxido de Calcio
MgO	0.36%	Óxido de Magnesio
Na <sub>2</sub> O	0.23%	Óxido de Sodio
K <sub>2</sub> O	2.12%	Óxido de Potasio
TiO <sub>2</sub>	0.02%	Óxido de Titanio
Perdida de Calcinación	7.58%	-

**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

## Interpretación

En la tabla 8 se determinó las propiedades físicas del puzolánico de cascarilla de arroz que comprende una humedad de 0.80%, Densidad de 3.44g/cm<sup>3</sup>, Peso unitario suelto de 0.327g/cm<sup>3</sup>, Peso unitario compactado de 0.399g/cm<sup>3</sup>; como también se determinó las propiedades químicas en la cual se evidencio una máxima muestra de sílice en la ceniza de cáscara de arroz con una estimación de 87.18%, lo que se estimó un material estabilizante será empleado para estabilizar y ejecutar las finalidades del estudio, se evidencio demás elementos; 0.56% de óxido férrico, 0.36% de óxido de magnesio, 0.23% de óxido de sodio, 1.27% de óxido de calcio, 0.02% óxido de titanio, 0.68% de óxido de aluminio y 7.58% en pérdida de calcinación, 2.12% de óxido de potasio.

**Tabla 9**

*Propiedades físicas y químicas del material la Cal.*

<b>Cal</b>	<b>Descripción</b>
<b>Propiedades Físicas</b>	
Estado físico	Solido
Color	Blanco
Olor	Sin olor
<b>Propiedades Químicas</b>	
Concentración	Mayor a 78% de Cal útil
Punto de fusión (°C)	2580°C
Punto de ebullición (°C)	2850°C
Densidad relativa (g/cm <sup>3</sup> )	3.37 g/cm <sup>3</sup> a 20°C
Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	900 kg/m <sup>3</sup>
Masa Molar (g/mol)	56.07 g/mol
Solubilidad de agua	1.65 g/l. (20°C). Forma Hidróxido de Calcio
Valor del pH	-

**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

### Interpretación

En la tabla 9 se determinó las propiedades físicas de la cal que comprende un Estado físico: Solido, Color : Blanco, Olor: Sin olor, como también se determinó las propiedades químicas en la cual se encontraron una concentración mayor a 78% de Cal útil, por otro lado también se encontró otros componentes como lo son: Punto de fusión con un valor de 2580°C, Punto de ebullición con un valor de 2850°C, Densidad relativa con un valor de 3.37 g/cm<sup>3</sup> a 20°C, Densidad aparente con un valor de 900 g/cm<sup>3</sup>, Masa Molar con un valor de 56.07 g/mol, Solubilidad de agua con un valor 1.65 g/l. (20°C) forma hidróxido de calcio.

- 4.3. Elaborar el diseño de la mezcla para la estabilización de la subrasante sin la añadidura de puzolánico de cascarilla de arroz y cal y con la añadidura de puzolánico de cascarilla de arroz y cal en un porcentaje del 5%, 10% y 15%.**

**Tabla 10**

*Dosificación del diseño de mezcla sin y con la añadidura de puzolánico de cascarilla de arroz y cal en un porcentaje del 5%, 10% y 15%.*

<b>Material</b>	<b>Patrón</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>
Arcilla (gr)	500	475	450	425
Puzolánico de cascarilla de arroz(gr)	0	15	30	45
Cal(gr)	0	10	20	30

**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

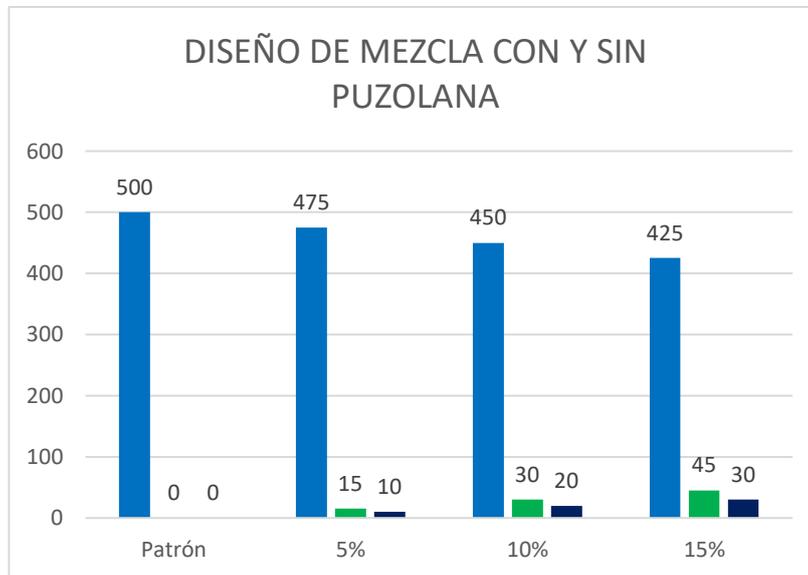
### Interpretación

En la tabla 10 se decretó la dosificación para calcular las combinaciones que se van a emplear en cada caso, donde se observa que en el primer caso al 5% se utilizó 475gr de arcilla, 15gr de cascarilla de arroz y 10gr de cal, en el segundo caso al 10% se usó 450gr de arcilla, 30gr de cascarilla de arroz y

20gr de cal, en el tercer caso al 15% se utilizó 425gr de arcilla, 45gr de cascarilla de arroz y 30gr de cal.

**Figura 2**

*Diseño de mezcla con y sin puzolánico*



**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

### Interpretación

En la figura 2 se determinó el diseño para calcular las combinaciones que se van a emplear en cada caso, donde se observa que la muestra patrón es de 500kg y que en el primer caso al 5% se utilizó 475gr de arcilla, 15gr de cascarilla de arroz y 10gr de cal, en el segundo caso al 10% se usó 450gr de arcilla, 30gr de cascarilla de arroz y 20gr de cal, en el tercer caso al 15% se utilizó 425gr de arcilla, 45gr de cascarilla de arroz y 30gr de cal.

#### 4.4. Elaborar el diseño óptimo de la mezcla para la estabilización de la subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal.

Para elaborar el diseño óptimo de la mezcla para la estabilización de la subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal se realizó la regresión lineal mediante el programa spss-ibm, por lo cual se ha validado la hipótesis de la presente investigación.

**Figura 3**

*Diseño óptimo de la mezcla para la estabilización de la subrasante*



### **Interpretación**

En la figura 3 se puede observar el porcentaje óptimo que llegó para poder estabilizar el suelo del terreno a nivel de sub rasante es al 15% ya que se obtuvo la combinación: 85% de Arcilla, 9% de Puzolánico de Cascarilla de Arroz y 6% de Cal y se logró alcanzar un CBR al 100% de 10.20.

**Tabla 11**

*Diseño óptimo de la mezcla para la estabilización de la subrasante utilizando puzolánico de la cascarilla de arroz y cal.*

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS</b>	<b>Combinación: 95% Arcilla, 3% Puzolánico de Cascarilla de Arroz y 2% de cal. M - 1</b>	<b>Combinación: 90% Arcilla, 6% Puzolánico de Cascarilla de Arroz y 4% de cal. M – 2</b>	<b>Combinación: 85% Arcilla, 9% Puzolánico de Cascarilla de Arroz y 6% de cal. M – 3</b>
Limite Líquido (%)	38.80	36.70	34.60
Límite Plástico (%)	20.70	20.20	19.90
Índice Plástico (%)	18.10	16.50	14.70
% Pasa Tamiz N°4	100.00	100.00	100.00
% Pasa Tamiz N°200 ASTM	82.10	74.20	58.60
Clasificación SUCS	<b>CL</b>	<b>CL</b>	<b>CL</b>
Clasificación AASHTO	A-7-6(11)	A-6(10)	A-6(6)
Hum. Natural “In Situ” (%)	16.04	14.45	13.73

### **Interpretación**

En la tabla 11 se determinó el diseño óptimo con los resultados físicos: Combinación 1: Limite Líquido con un valor de 38.80 %, Límite Plástico con un valor de 20.70%, Índice Plástico con un valor de 18.10%, la Clasificación SUCS presentó como resultado un CL (arcilla de baja plasticidad) y su Clasificación AASHTO presentó como resultado un A-7-6(11), y una humedad natural “In Situ de 16.04%.

combinación 2: Limite Líquido con un valor de 36.70%, Límite Plástico con un valor de 20.20%, Índice Plástico con un valor de 16.50%, la Clasificación SUCS presentó como resultado un CL (arcilla de baja plasticidad) y su

Clasificación AASHTO presentó un resultado un A-6(10), y una humedad natural "In Situ de 14.45%. Combinación 3: Limite Líquido con un valor de 34.60 %, Límite Plástico con un valor de 19.90%, Índice Plástico con un valor de 14.70%, la Clasificación SUCS presentó como resultado un CL (arcilla de baja plasticidad) y su Clasificación AASHTO presentó un resultado un A-6(6), y una humedad natural "In Situ de 13.73%.

En énfasis con los diseños elaborados se consiguió mejores resultados con la Combinación 3: 85% de Arcilla, 9% de Puzolánico de Cascarilla de Arroz y 6% de Cal, para poder estabilizar el suelo del terreno de fundación de la sub rasante.

**Tabla 12**

*Resultados de Proctor modificado y CBR con la combinación 3 al 15%.*

<b>Proctor modificado Y CBR</b>								
	<b>SUELO TIPO</b>	<b>Dens. Máx. (gr/cm3)</b>	<b>Opt. Hum. (%)</b>	<b>C.B.R. al 95% Dens. Máx.</b>	<b>C.B.R. al 100% Dens. Máx</b>	<b>Expansión</b>		
						<b>Molde I</b>	<b>Molde II</b>	<b>Molde III</b>
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	<b>(CL)</b> Arcilla inorgánica de baja plasticidad	1.80	12.40					
<b>CBR</b>	Combinación 85% Arcilla, 9% Puzolánico de Cascarilla de arroz y 6% de Cal. – M-3			7.40	10.20	3.30	3.46	3.62

**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

### **Interpretación**

El resumen de la tabla 12, muestra el porcentaje óptimo de humedad por el cual el suelo ha sido compactado en un 12.40%, se observó también que la densidad máxima seca de la Combinación 3: 85% Arcilla, 9% Puzolánico de

Cascarilla de arroz y 6% de Cal. – M-3 presenta un valor de 1.80 gr/cm<sup>3</sup>, Y un CBR al 95% de densidad máxima que es 7.40 y al 100% es 10.20, y la expansión tiene los siguientes valores de 3.30% – 3.46% – 3.62% respectivamente.

La capacidad de la sub rasante según al MTC, se puntualiza si la sub rasante es idóneo o no con el propósito de emplearlo en la pavimentación, en efecto de los ensayos ejecutados, se deduce que para el grupo control de la calicata N°2 el CBR da una estimación de 5.90%, se concreta “Subrasante pobre”, seguido con la añadidura de ceniza de cascara de arroz y cal al 15%, una estimación de CBR de 7.40%, se concreta “Subrasante regular”.

#### 4.5. Determinar el costo de un metro cubico de la mezcla para la estabilización de la subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal.

**Tabla 13**

*Costo por un m3 de la mezcla puzolánica con cascarilla de arroz y cal en comparación con el costo de un m3 de reemplazo de material afirmado para la estabilización de la subrasante.*

<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Metrado</b>	<b>Costo Unitario Por m3</b>	<b>Costo Parcial Por m3</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Afirmado para sub-rasante</b>	m3	9000	29.45	265,050	<b>265,050</b>
<b>Subrasante existente + Ceniza de cascarilla de arroz y Cal</b>	m3	9000	20.75	186,750	<b>186,750</b>

**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

### **Interpretación**

En la tabla 13 se desarrolló el costo por m<sup>3</sup> de material de reemplazo (afirmado) para el mejoramiento del suelo a nivel de subrasante que se obtuvo como resultado por m<sup>3</sup> un costo de S/ 29.45 soles y con la mezcla puzolánica con cascarilla de arroz y cal se obtuvo como resultado por m<sup>3</sup> un costo de S/ 20.75 soles. Es por ello por lo que se recomienda la estabilización con ceniza de cascarilla de arroz y cal ya que se invierte un 29.54% menos que el método por material de reemplazo (afirmado). Así mismo se realizó el análisis de precios unitarios de la partida de Mejoramiento de Suelo a Nivel de Subrasante. (Ver Anexo N°03).

## V. DISCUSIÓN

Con respecto al primer propósito de la tesis que radica en determinar la mezcla para realizar la estabilización de la subrasante utilizando puzolana de cascarilla de arroz y cal, los mismos servirán para la estabilización de suelos en beneficio de la población frente a los problemas que se presentan hoy en día. Para el cumplimiento del objetivo aplicamos herramientas de evaluación como rangos y valores, según la tabla 6, se tiene 2 ensayos tenemos dentro de los parámetros químicos tanto en la calicata 1 y calicata 2 tenemos un PH con 4.06, CE 0.305, sales solubles (PPM) 0.036, cloruros (PPM) 0.00129 Y sulfatos (PPM) de 0.0039 contando con un L.L=40.80%, L.P= 19.90% pudiendo encontrar un suelo crítico en la calicata 2 con clasificación AASHTO A-6 (12) denominados suelos arcillosos pasan de moderados a suelos pobres y mediante el SUCS encontramos suelo (CL) Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media de los resultados del CBR tenemos al 95% =5.90. Entonces se identificó diferencia en cuanto a la investigación hecha por: ESCUDERO, (2017), en su tesis. Mejoramiento de la relación de soporte (CBR) al adicionar el estabilizante químico cal a la sub – rasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito, teniendo como resultado SUCS CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad con arena y poca grava) A-4(2),L L=27.14%, L.P=17.25, PH=7.98, en cuanto a las propiedades químicas un PH=4.04, CE = 0.303, sales solubles (PPM) 0.033, cloruros (PPM) 0.00124 Y sulfatos (PPM) de 0.0037, en cuanto al soporte del CBR= 6.50% expansivos de los resultados obtenidos podemos decir que los estudios químicos – mecánicos y parámetros se encuentran dentro de los resultados similares en su estado normal del suelo.

Con respecto al segundo objetivo determinar las propiedades físicas y químicas de puzolana de cascarilla de arroz se empleó guías para el procesamiento de pruebas según la norma citada en el marco teórico comprende una humedad de 0.80%, Densidad de 3.44g/cm<sup>3</sup>, Peso unitario suelto de 0.327g/cm<sup>3</sup>, Peso unitario compactado de 0.399g/cm<sup>3</sup>; del mismo modo se determinó las propiedades químicas en la cual se encuentra una máxima muestra de sílice en la ceniza de cáscara de arroz con un valor de 87.18%, lo cual se consideró material estabilizante será empleado para estabilizar y ejecutar las finalidades

del estudio, presencié distintos elementos como lo son; 0.56% de óxido férrico, 2.12% de óxido de potasio y demás. En comparación con TAIPE (2017) en su investigación titulada. Análisis comparativo de concretos adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz y puzolana natural, dado los resultados cuenta una humedad de 0.82%, Densidad de 3.46g/cm<sup>3</sup>, Peso unitario suelto de 0.327g/cm<sup>3</sup>, Peso unitario compactado de 0.341g/cm<sup>3</sup>; en cuanto a las propiedades químicas se evidencio una máxima muestra de sílice en la ceniza de cáscara de arroz con una estimación de 86.05%, de óxido de aluminio 0.16% de óxido férrico y demás. De la comparación de la investigación se puede decir que las propiedades estudiadas varían enormemente en el óxido de sodio.

En cuanto al diseño de mezcla para la estabilización de la subrasante si adición se puzolanas para emplear en cada caso tenemos al 5%, 10% y 15% contamos con una Arcilla patrón de 500 al 5% de químicos llegamos 4.75% al 15%=450 al 15%=425 con puzolánico de cascarilla de arroz en con 5% = 15, al 10%=30 al 15%=45.

Con y sin la adición de cal tenemos en el patrón 0, al 5%=10, al 10% = 20 y al 15%=30, en cambio de. CARVAJAL (2018), en su investigación titulada. Mejoramiento del material de afirmado de la cantera la esmeralda mediante la inclusión de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombro. Consiguieron una dosificación con adiciones me puzolana de cascarilla patrón= 0, al 5%=300, al 10%=600, al 15%=750 en cuanto a la adición de cal tuvo al 5%=20, al 10%= 30 y al 15%=45. De la comparación de los 2 resultados se puede deducir que tiene una enorme diferente en cuanto a el diseño de mezcla para la estabilización de suelo. Ya que su utilización será analizada por el proyectista.

En cuanto al cuarto objetivo en la elaboración del diseño óptimo de mezcla para la estabilización se alcanzó mejores resultados con la Combinación 3: 85% de Arcilla, 9% de Puzolánico de Cascarilla de Arroz y 6% de Cal, poder estabilizar el suelo del terreno de fundación de la sub rasante. En comparación de. NEYRA (2020), en su tesis. Efecto de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar

en subrasantes. En cuanto a la adición de cascarilla se adiciono 10% en cuanto, cemento 2%, Para preparar las muestras primero el suelo con el cemento y, donde corresponde, las cenizas. En comparación con los 2 resultados se puede observar que las combinaciones de ambas dosificaciones cumplen con los parámetros en la utilización de estabilización de subrasante.

Concerniente al último objetivo el costo de metro cúbico de mezcla para la estabilización de la subrasante tenemos como costo en afirmado para subrasante en m<sup>3</sup> un costo s/ 29.45, y con el mejoramiento de la subrasante existente incorporando el puzolánico de cascarilla de arroz y cal en un m<sup>3</sup> tenemos una estimación de S/ 20.75 lo cual se obtiene un ahorro de 29.54% con respecto al estabilización de la subrasante con material de reemplazo (afirmado).

## **VI. CONCLUSIONES**

De acuerdo a los ensayos elaborados se concluye que el suelo más crítico fue expuesto en la calicata N°02 considerándose como (GC) grupo control por lo que se señaló las características físico -mecánicas y parámetros químicos del suelo de las cuales han sido calculadas mediante de los ensayos de análisis granulométrico por tamizado y límites de Atterberg y en efecto resultó un suelo A-7-6 (12) según AASHTO denominado suelos arcillosos que pasan de moderado a suelos pobres y mediante SUCS un suelo (CL) arcilla inorgánica de baja plasticidad.

De acuerdo con las propiedades físicas y químicas del puzolánico de cascarilla de arroz se concluye una máxima muestra de sílice en la ceniza de cascarilla de arroz con un valor de 87.18%, presenció el 7.58% en pérdida de calcinación. Con respecto a las propiedades físicas y químicas de la cal se concluye que se encontraron una concentración mayor a 78% de Cal útil.

De acuerdo con la incorporación al 15% de mezcla puzolánico de cascarilla de arroz y cal realizado se concluye que se obtuvieron resultados óptimos para la estabilización de suelos a nivel de subrasante. Por la cual se utilizó 425gr de arcilla, 45gr de cascarilla de arroz y 30gr de cal.

De acuerdo con el diseño de la Combinación 3 al 15%: 85% de Arcilla, 9% de Puzolánico de Cascarilla de Arroz y 6% de Cal se concluye que es el diseño optimo por lo que se logró alcanzar un CBR al 100% de 10.20 cumpliendo así con los parámetros de estabilización en la categoría de "Subrasante Buena".

De acuerdo con el cálculo realizado se concluye que se calculó los análisis de costos unitarios de la partida mejoramiento del suelo a nivel de subrasante con la mezcla del puzolánico de cascarilla de arroz y cal lo cual se obtuvo una estimación de S/ 20.75 soles por m<sup>3</sup>.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Como se alcanzó evidenciar en la tesis presentada, el puzolánico de cascarilla de arroz y cal resultó ser un ente estabilizador para suelos arcillosos. Por ende, se recomienda realizar la investigación con otras variedades de suelo como lo son: los limos y las arenas arcillosas.

Se recomienda realizar otras tesis en el campo de la ingeniería civil con el referente estabilizador, teniendo en consideración estados distintos de quemado, podría ser en la quema a fuego discontinuo.

Como recomendación a futuros investigadores utilizar el puzolánico de cascarilla de arroz y cal como estabilizante en la estabilización de suelos encontrándose un referente con resultados favorables.

En la tesis presentada se elaboró la composición de puzolánico de cascarilla de arroz y cal, por lo que se recomienda indagar en otros tipos de puzolánico compuesto con otros estabilizadores como escoria, cemento, entre otras.

Se recomienda utilizar la estabilización de suelo con puzolánico de cascarilla de arroz y cal, ya que de acuerdo con el análisis de costos unitarios para el mejoramiento con material de reemplazo (afirmado) se obtuvo un costo por m<sup>3</sup> de S/. 29.45 soles, y el mejoramiento puzolánico de cascarilla de arroz y cal se obtuvo una estimación por m<sup>3</sup> de S/. 20.75 soles, es por ello por lo que se recomienda la estabilización con puzolánico de cascarilla de arroz y cal ya que representa un ahorro del 29.54%.

## REFERENCIAS

ALEJANDRE, Francisco. *La cal: investigación, patrimonio y restauración*. (2ª. ed.). España: Sevilla, 2014. 313pp. ISBN: 978-8447215072. URL: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=557088>

ARIAS, Fernando. *Metodología de la investigación*. (6ª. ed.). México: Trillas S. A, 2014, 556pp. ISBN: 978-968-247-993-9. URL: <http://biblo.upmx.mx/indices/128234>

BRAJA, das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. (5ª. ed.). México: Thomson, 2006. 862 pp. ISBN: 970-686-481-4. URL: [repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25951/Díaz\\_VF.pdf?equence=1](repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25951/Díaz_VF.pdf?equence=1)

BAÑON, Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos. (2ª. ed.). lima, 2017. 777 pp. ISBN: 978-3659078293. URL: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAgN9kAJ/manual-carreteras-suelos-geologia-geotecnia-y-pavimentos?part=2>

BRAJA, das. *Fundamentos de ingeniería geotecnia*. (4ª. ed.). México: Thomson, 2015. 636 pp. ISBN: 978-607-519-372-4. URL: [https://issuu.com/cengagelatam/docs/fundamentos\\_de\\_ingenieria\\_lo\\_w\\_1\\_iss](https://issuu.com/cengagelatam/docs/fundamentos_de_ingenieria_lo_w_1_iss)

CAÑAR Tiviano, Edwin. *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinada con ceniza de carbón*. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Ecuador:

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2017. 167 pp.

CARRASCO, Díaz. Metodología de la investigación científica. Lima: San Marcos, 2005. 475 pp. ISBN: 9972342425.

CASTRO, Axel. *Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante*. (Tesis Pregrado). Universidad nacional de Ingeniería, Lima 2017. URL: [www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/3635/1/mamani\\_yataco.pdf](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/3635/1/mamani_yataco.pdf).

CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. (6ª. ed.). México: Limusa, 2014. 644 pp. ISBN: 978-968-18-6963-2. URL: <https://www.agapea.com/libros/MECaNICA-DE-SUELOS-Y-CIMENTACIONES-6-Edicion-9789681869632-i.htm>.

DIAZ, Jorge. Mecánica de suelos: Naturaleza y propiedades. (1ª. ed.). México: Trillas, 2014. 264 pp. ISBN: 978-607-17-1954-6. URL: [www.libun.edu.pe/carrito/principal.php/articulo/00111331](http://www.libun.edu.pe/carrito/principal.php/articulo/00111331).

DEEPAK, Gupta. *Efecto de la ceniza volante y la cascara de arroz sobre el comportamiento de deformación permanente de los suelos de la subrasante bajo carga triaxial cíclica*. Revista Mecánica de rocas e Ingeniería Geotécnica. [En línea]. Julio del 2017. Volumen 11, numero 1. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2019]. URL: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6046445> ISSN 1405-0269.

FERNANDEZ, Jenisse. *Estabilización de los suelos arcillosos adicionado cenizas de caña de azúcar*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima - Perú. 2017. URL: [repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/26696](http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/26696)

FEMÁNDEZ, Carlos. *Mejoramiento y estabilización de suelos*. (3ª. ed.). México. Limusa. 1991. 352 pp. ISBN: 968-18-1380-4. URL: <http://biblioteca.usco.edu.co/cgi-bin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=16923>.

HERNANDEZ, Roberto. *Metodología de la investigación*. (6ª. Ed). México. MCGRAW-HILL DE ESPAÑA, S.A. 2014. 634 pp. ISBN: 978-4562-2396-0. URL: [https://periodicooficial.jalisco.gob.mx//metodologia de la investingacion roberto h](https://periodicooficial.jalisco.gob.mx//metodologia%20de%20la%20investingacion%20roberto%20h)

JUARES, Eulalio y RICO, Alfonso. *Mecánica de suelos*. (3ª. ed.). México: Limusa, 2016. 644 pp. ISBN: 978-968-18-0069-7. URL: <https://www.noriega.com.mx/libro/mecanica-de-suelos-i-3a-ed-342>.

KUMAR, Anjani. *Estabilización de suelo para subrasante utilizando ceniza de cascara de arroz, ceniza de bagazo de caña de azúcar y ceniza de excremento de vaca para caminos rurales*. Internacional de Investigación y Tecnología de pavimentos. [En línea]. Julio del 2017. Volumen 8, numero 1. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2019]. URL: [repositorio.upn.edu.pe/handle/codigo=11537/149716](http://repositorio.upn.edu.pe/handle/codigo=11537/149716) ISSN1405-0567

MACRO, ed. *Manual de carreteras: "Suelos, geología, geotecnia y pavimentos"*. Lima. (1ª. ed.) Empresa Editora Macro E.I.R.L, 2014. 208 pp. ISBN: 978612-304-1915. URL: <http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25951/>

Manual de Estabilización de Suelo. Estabilización y Modificación con Cal (Boletín) Publicación de la Nacional Lime Association, United States ,2006. URL: [https://www.lime.org/documents/publications/free\\_downloads/constru-ct-manual-spanish2004.pdf](https://www.lime.org/documents/publications/free_downloads/constru-ct-manual-spanish2004.pdf).

MTC. Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos (resolución directoral). Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú. 2014, 232pp. ISBN: 9786123042516. URL: <http://www.librosperuanos.com/libros/detalle/15971/Manual-de-carreteras.-Seccion-Suelos-y-pavimentos>.

MUELAS, Ángel. Manual de mecánica del suelo y cimentaciones: Mecánica de suelos y cimentaciones (Manual). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2009. URL: [http://bdigital.unal.edu.co/53252/1/bibliograf%C3%ADayfuentes\\_complementarias.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/53252/1/bibliograf%C3%ADayfuentes_complementarias.pdf).

PEREZ, Roció. *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú. 2012. URL: [www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/3635/1/mamani\\_yataco.pdf](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/3635/1/mamani_yataco.pdf)

PEREZ, Villy. *Influencia de la mezcla del cemento portland y la ceniza de cáscara de arroz para mejorar la sub rasante*. (Tesis pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Moyobamba - Perú. 2017. URL: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/19212?show=full>.

PEZO, Velarde. *Estabilización de cal en subrasante para el diseño de pavimento rígido*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto - Perú. 2016. URL: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30605>

RONDON, Hugo y REYES, Fredy. Pavimentos: materiales, construcción y diseño. (1ª. ed.). Colombia: Ecoe Ediciones, 2015. 605 pp. ISBN: 978-958-771-175-2. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Reyes\\_Fredy/publication/299484649\\_Pavimentos\\_Materiales\\_construccion\\_y\\_diseno/links/56fad0208ae1b40b804d748/Pavimentos-Materiales-construccion-y-diseno](https://www.researchgate.net/profile/Reyes_Fredy/publication/299484649_Pavimentos_Materiales_construccion_y_diseno/links/56fad0208ae1b40b804d748/Pavimentos-Materiales-construccion-y-diseno).

SIERRA, Jaider. Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia (Monografía). Universidad de Sucre, Colombia, 2009. URL: <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/211/2/333.794S571.pdf>.

VARÓN, Javier., p. 156). Diseño, construcción puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz. (1ra ed.). Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta. Colombia, 2005. 170 pp, ISSN: 0121-0777. URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v14s1/v14s1a13.pdf>

# **ANEXOS**

## ANEXO 1.

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables.	Definición Conceptual.	Definición Operacional.	Dimensiones.	Indicadores.	Escala de medición.
<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Puzolánico de cascarilla de arroz y cal.</p>	<p><b>Cascarilla de arroz:</b> Se refiere que, "Es de consistencia quebradiza, abrasiva y su color varía del pardo rojizo a la púrpura oscura. Su densidad es baja, por lo cual al apilarse ocupa grandes espacios. El peso específico es de 125 kg/ m<sup>3</sup>" (VARÓN, 2005, p. 156).</p> <p><b>Cal:</b> descomposición de las rocas calizas (CaCO<sub>3</sub>) por la acción del calor. Estas rocas calentadas a más de 900 °C se obtiene el óxido de calcio (CaO), (ICG &amp; GERENCIA, 2010, pág. 3)</p>	<p>La cascarilla de arroz es un elemento orgánico y se tendrá en cuenta los porcentajes de adición que se le haga a la subrasante, los cuales están en relación de 5%, 10% y 15% y la cal es uno de los productos con la capacidad de proveer una gran variedad de beneficios.</p>	<p>Propiedades Físicas y Químicas</p> <p>Dosificación.</p>	<p>- Densidad y Humedad. - Carbonato de calcio - Silicio sales</p> <p>- Granulometría - Contenido de humedad - Límite de atterberg, Límite líquido y límite plástico</p>	<p>Intervalo</p>
<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Estabilización de subrasante.</p>	<p><b>Estabilización:</b> Es el proceso de modificar el comportamiento del suelo mediante la reducción de su susceptibilidad a la influencia del agua y condiciones de tránsito e incrementar de manera notoria su resistencia;(FEMÁNDEZ, 1991).</p>	<p>El estudio tendrá una interacción entre el puzolánico de cascarilla de arroz y los suelos arcillosos para su estabilización, además se usará como instrumento la guía de observación.</p>	<p>Estudios físicos y mecánicos.</p> <p>Costos y Presupuestos</p>	<p>- Proctor estándar - CBR - Capacidad de carga</p> <p>- Costo por m<sup>3</sup></p>	<p>Intervalo</p>

**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

**ANEXO 2:  
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**



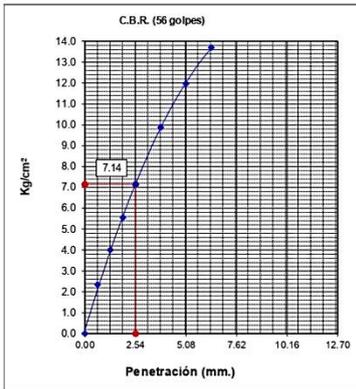
**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**  
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras,  
 Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y  
 Topografía.

**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

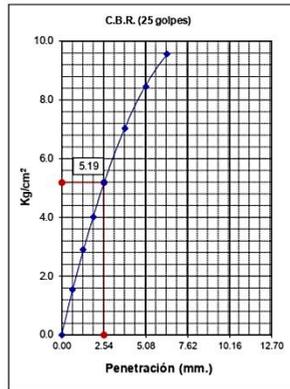
**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"

**COMBINACION** : 85% de Arcilla y 9% de Puzolanico de Cascarilla de Arroz y 6% de Cal  
**SUELO** : Tipo (CL) ò Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad  
**USO** : Mejoramiento  
**FECHA** : Julio del 2,020  
**Tesista** : Karen Kassandra Flores Isminio  
**Tesis** : Para Obtener el Titulo Profesional de Ingenieria Civil  
**Universidad** : Cesar Vallejo

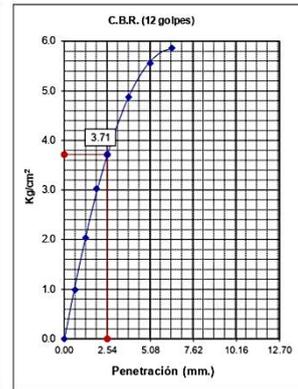
Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.80  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.4



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 10.2

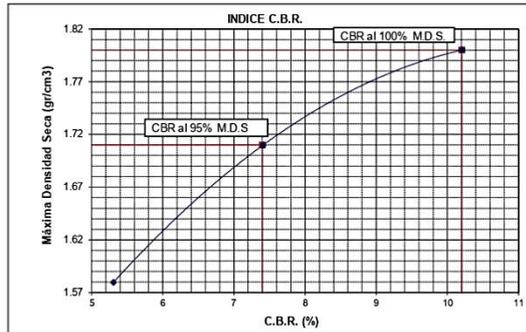


C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 7.4



C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 5.3

**DETERMINACION DE C.B.R.**



95% DE M.D.S. : 1.710

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 10.2 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : 7.4 %

OBSERVACIONES:

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES S.A.S.  
 Miguel A. Rodríguez Vasquez  
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Royal Ramírez Rúa  
 C.I.P. N° 73439



**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

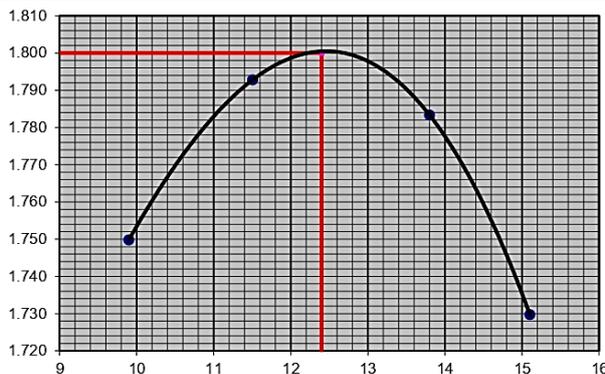
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"

**COMBINACION** : 85% de Arcilla y 9% de Puzolanico de Cascarilla de Arroz y 6% de Cal  
**SUELO** : Tipo (CL) ò Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad  
**USO** : Mejoramiento  
**FECHA** : Julio del 2,020  
**Tesista** : Karen Kassandra Flores Isminio  
**Tesis** : Para Obtener el Titulo Profesional de Ingenieria Civil  
**Universidad** : Cesar Vallejo

**Nº Capas:** 5      **Molde Nº:** 1      **Nº Golpes:** 56

METODO DE COMPACTACION :		PROCTOR MODIFICADO				MOLDE Nro. 01	
VOLUMEN DEL MOLDE (c	2105	PESO DEL MOLDE (gr.) 6540					
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5	6
PESO SUELO + MOLDE		10588	10748	10812	10731		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		4048	4208	4272	4191		
DENSIDAD HUMEDA ( gr/cc)		1.923	1.999	2.029	1.991		
RECIPIENTE Nro.		70	71	72	73		
PESO SUELO HUMEDO + TARA		162.20	167.66	170.43	171.02		
PESO SUELOS SECO + TARA		152.30	156.04	156.59	155.89		
PESO DE LA TARA		52.30	55.04	56.31	55.71		
PESO DE AGUA		9.90	11.62	13.84	15.13		
PESO DE SUELO SECO		100.00	101.00	100.28	100.18		
CONTENIDO DE AGUA		9.90	11.50	13.80	15.10		
DENSIDAD SECA (gr/cc.)		1.750	1.793	1.783	1.730		
<b>DENSIDAD MAXIMA SEC</b>	1.800	gr/cc.		<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	12.4	%	



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC.  
**Miguel A. Healdgui Vasquez**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO

**Ing. Ronald Ramirez Reategui**  
 C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718  
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com



**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**  
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"

**MATERIAL :** 85% de Arcilla y 9% de Puzolanico de Cascarilla de Arroz y 6% de Cal

**Tesista :** Karen Kassandra Flores Isminio

**Tesis :** Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil

**Universidad :** Cesar Vallejo

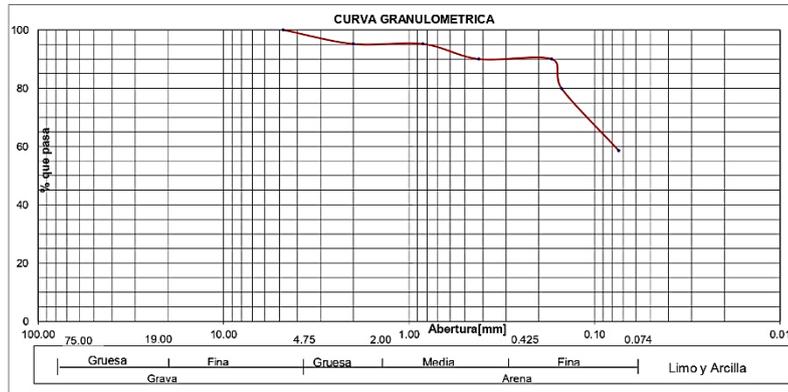
**FECHA** Julio del 2,020

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION. NORMAS ASTM D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcentaje Ret. [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Acum. Pasante [%]
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
3/8"	9.525				
Nº 4	4.760			100.00	
Nº 10	2.000	24.00	4.80	4.80	95.20
Nº 20	0.840				
Nº 40	0.420	26.00	5.20	10.00	90.00
Nº 80	0.170				
Nº 100	0.150	51.00	10.20	20.20	79.80
Nº 200	0.074	106.00	21.20	41.40	58.60
< Nº 200	0.000	293.00	58.60	100.00	0.00

CARACTERISTICAS FISICAS		
P. E. RELAT. DE SOLIDOS (corregido por t°)	[gr/cc]	
HUMEDAD NATURAL	[%] 13.73	
LIMITE LIQUIDO	[%] 34.60	
LIMITE PLASTICO	[%] 19.90	
INDICE PLASTICO	[%] 14.70	
MATERIAL MENOR TAMIZ # 200	[%] 58.60	
LIMITE DE CONTRACCION	[%]	
POTENCIAL DE EXPANSION	Bajo	
CLASIFICACION S.U.C.S.	CL	
CLASIFICACION A.S.S.H.T.O.	A-6 (6)	
INDICE DE CONSISTENCIA	Estable 1.4	
D10 [mm]	Cu	
D30 [mm]	Cc	
D60 [mm]		
% Grava	% Arena	% Finos
0.00	41.40	58.60



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D 4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

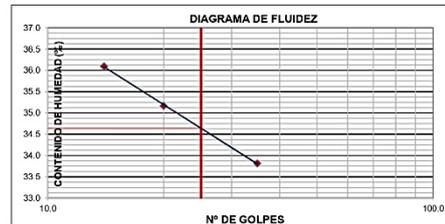
Procedimiento	Tara Nº		
	1	2	3
1. No de Golpes	35	20	14
2. Peso Tara, [gr]	22.73	22.81	22.73
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	40.38	40.49	40.49
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	35.92	35.89	35.78
5. Peso Agua, [gr]	4.46	4.60	4.71
6. Peso Suelo Seco, [gr]	13.19	13.08	13.05
7. Contenido de Humedad, [%]	33.81	35.17	36.09

**4. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)**

Procedimiento	Tara Nº
	s/n
1. Peso Tara, [gr]	37.80
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	152.78
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	138.90
4. Peso Agua, [gr]	13.88
5. Peso Suelo Seco, [gr]	101.10
6. Contenido de Humedad, [%]	13.73

**B. LIMITE PLASTICO**

Procedimiento	Tara Nº	
	4	5
1. Peso Tara, [gr]	12.11	12.07
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	22.13	22.00
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	20.46	20.36
4. Peso Agua, [gr]	1.67	1.64
5. Peso Suelo Seco, [gr]	8.35	8.29
6. Contenido de Humedad, [%]	20.00	19.80
7. Contenido de Humedad Promedio, [%]	19.90	





**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**  
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"  
**MATERIAL :** 90% de Arcilla y 6% de Puzolanico de Cascarilla de Arroz y 4% de Cal  
**Tesista :** Karen Kassandra Flores Isminio  
**Tesis :** Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil  
**Universidad :** Cesar Vallejo **FECHA** Julio del 2,020

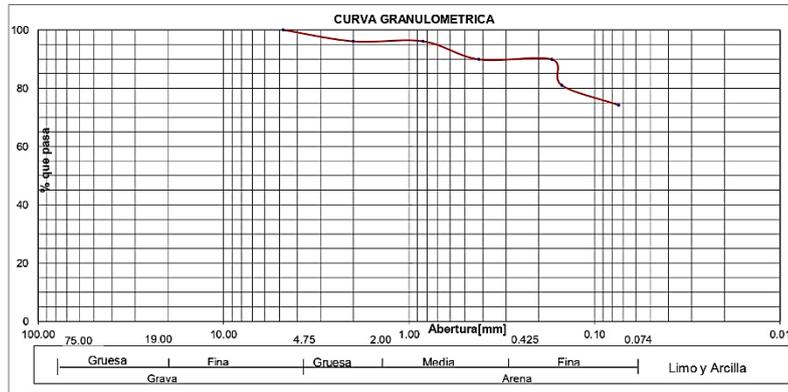
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION. NORMAS ASTM D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

Peso Inicial Seco, [gr]	500.00
Peso Lavado y Seco, [gr]	

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcentaje Ret. [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Acum. Pasante [%]
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
3/8"	9.525				
Nº 4	4.760				100.00
Nº 10	2.000	19.50	3.90	3.90	96.10
Nº 20	0.840				
Nº 40	0.420	31.00	6.20	10.10	89.90
Nº 80	0.170				
Nº 100	0.150	44.50	8.90	19.00	81.00
Nº 200	0.074	34.00	6.80	25.80	74.20
< Nº 200	0.000	371.00	74.20	100.00	0.00

CARACTERISTICAS FISICAS		
P. E. RELAT. DE SOLIDOS (corregido por tº)	[gr/cc]	
HUMEDAD NATURAL	[%] 14.45	
LIMITE LIQUIDO	[%] 36.70	
LIMITE PLASTICO	[%] 20.20	
INDICE PLASTICO	[%] 16.50	
MATERIAL MENOR TAMIZ # 200	[%] 74.20	
LIMITE DE CONTRACCION	[%]	
POTENCIAL DE EXPASION		
CLASIFICACION S.U.C.S.	<b>CL</b>	
CLASIFICACION A.S.S.H.T.O.	<b>A-6</b> (10)	
INDICE DE CONSISTENCIA	Estable <b>1.3</b>	
D10 [mm]	Cu	
D30 [mm]	Cc	
D60 [mm]		
% Grava	% Arena	% Finos
0.00	25.80	74.20



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D 4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

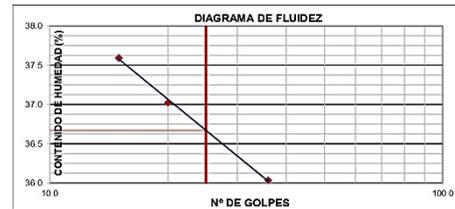
Procedimiento	Tara N°		
	1	2	3
1. No de Golpes	36	20	15
2. Peso Tara, [gr]	21.52	21.60	21.58
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	37.79	38.18	38.38
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	33.48	33.70	33.79
5. Peso Agua, [gr]	4.31	4.48	4.59
6. Peso Suelo Seco, [gr]	11.96	12.10	12.21
7. Contenido de Humedad, [%]	36.04	37.02	37.59

**4. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)**

Procedimiento	Tara N°
	s/n
1. Peso Tara, [gr]	37.82
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	137.32
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	124.76
4. Peso Agua, [gr]	12.56
5. Peso Suelo Seco, [gr]	86.94
6. Contenido de Humedad, [%]	14.45

**B. LIMITE PLASTICO**

Procedimiento	Tara N°	
	4	5
1. Peso Tara, [gr]	12.00	11.86
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	20.64	20.47
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	19.20	19.01
4. Peso Agua, [gr]	1.44	1.46
5. Peso Suelo Seco, [gr]	7.20	7.15
6. Contenido de Humedad, [%]	20.00	20.40
7. Contenido de Humedad Promedio, [%]	20.20	



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC  
 Mónica E. Rodríguez  
 INGENIERA EN GEOTECNIA

*[Signature]*  
 Ing. Karen Kassandra Flores Isminio  
 C.I.P. N° 14493



**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**  
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"  
**MATERIAL :** 95% de Arcilla y 3% de Puzolanico de Cascarilla de Arroz y 2% de Cal  
**Tesista :** Karen Kassandra Flores Isminio  
**Tesis :** Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil  
**Universidad :** Cesar Vallejo **FECHA** Julio del 2, 2020

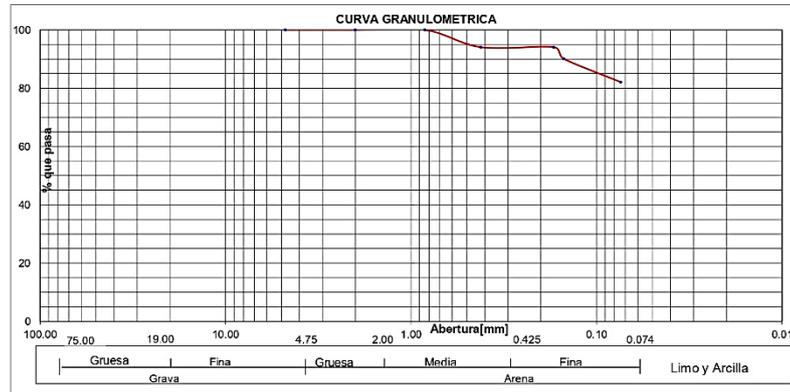
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION. NORMAS ASTM D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

Peso Inicial Seco, [gr]	500.00
Peso Lavado y Seco, [gr]	

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcentaje Ret. [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Acum. Pasante [%]
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
3/8"	9.525				
Nº 4	4.760				100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.840				
Nº 40	0.420	29.50	5.90	5.90	94.10
Nº 80	0.170				
Nº 100	0.150	20.00	4.00	9.90	90.10
Nº 200	0.074	40.00	8.00	17.90	82.10
< Nº 200	0.000	410.50	82.10	100.00	0.00

CARACTERISTICAS FISICAS		
P. E. RELAT. DE SOLIDOS (corregido por tº)	[gr/cc]	
HUMEDAD NATURAL	[%] 16.04	
LIMITE LIQUIDO	[%] 38.80	
LIMITE PLASTICO	[%] 20.70	
INDICE PLASTICO	[%] 18.10	
MATERIAL MENOR TAMIZ # 200	[%] 82.10	
LIMITE DE CONTRACCION	[%]	
POTENCIAL DE EXPANSION	Medio	
CLASIFICACION S.U.C.S.	CL	
CLASIFICACION A.S.S.H.T.O.	A-6 [11]	
INDICE DE CONSISTENCIA	Estable 1.3	
D10 [mm]	Cu	
D30 [mm]	Cc	
D60 [mm]		
% Grava	% Arena	% Finos
0.00	17.90	82.10



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D 4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

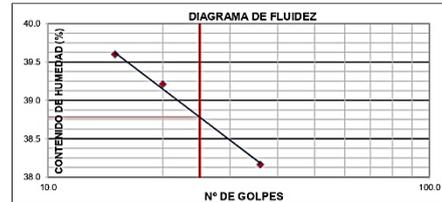
Procedimiento	Tara Nº		
	1	2	3
1. No de Golpes	36	20	15
2. Peso Tara, [gr]	21.45	21.48	21.47
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	37.09	37.35	37.51
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	32.77	32.88	32.96
5. Peso Agua, [gr]	4.32	4.47	4.55
6. Peso Suelo Seco, [gr]	11.32	11.40	11.49
7. Contenido de Humedad, [%]	38.16	39.21	39.60

**4. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)**

Procedimiento	Tara Nº
	s/n
1. Peso Tara, [gr]	37.86
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	139.88
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	125.78
4. Peso Agua, [gr]	14.10
5. Peso Suelo Seco, [gr]	87.92
6. Contenido de Humedad, [%]	16.04

**B. LIMITE PLASTICO**

Procedimiento	Tara Nº	
	4	5
1. Peso Tara, [gr]	10.96	10.88
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	20.50	20.34
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	18.87	18.71
4. Peso Agua, [gr]	1.63	1.63
5. Peso Suelo Seco, [gr]	7.91	7.83
6. Contenido de Humedad, [%]	20.60	20.80
7. Contenido de Humedad Promedio, [%]	20.70	





**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**  
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras,  
 Electrificación), Proyectos de Habitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de  
 Equipos y Topografía.

**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"

**MATERIAL** : Terreno de Fundacion  
**SUELO** : Tipo (CL) ò Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad  
**CALICATA** : 01 y 02  
**PROFUNDIDAD** : 1.50 m  
**FECHA** : Julio del 2,020  
**Tesista** : Karen Kassandra Flores Isminio  
**Tesis** : Para Obtener el Titulo Profesional de Ingenieria Civil  
**Universidad** : Cesar Vallejo

Máxima Densidad Seca : 1.799 gr/cm<sup>3</sup>  
 Optimo Contenido de Humedad : 13.1 %

**Compactación**

Molde N°	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	10
Peso suelo + molde (gr.)	12548	12329	12121
Peso molde (gr.)	8300	8200	8250
Peso suelo compactado (gr.)	4248	4129	3871
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2100	2110	2105
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.023	1.957	1.839

**Humedad (%)**

Tara N°	4	5	6
Tara+suelo húmedo (gr.)	241.71	252.53	248.26
Tara+suelo seco (gr.)	218.12	227.62	223.97
Peso de agua (gr.)	23.59	24.91	24.29
Peso de tara (gr.)	37.80	37.62	37.85
Peso de suelo seco (gr.)	180.32	190.00	186.12
Humedad (%)	13.08	13.11	13.05
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.789	1.730	1.627

**Aplicación de Carga**

Penetración (mm)	Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde I		Molde II		Molde III	
		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.64		4.20	1.46	3.10	1.01	1.80	0.46
1.27		9.00	3.46	6.00	2.21	3.60	1.21
1.91		12.90	5.09	9.00	3.46	5.10	1.84
2.54	70	16.46	6.57	11.80	4.63	6.68	2.50
3.81		22.20	8.96	15.20	6.05	8.60	3.30
5.08	104	27.20	11.04	18.30	7.34	10.30	4.01
6.35		31.00	12.63	20.50	8.25	11.50	4.51
7.62		33.80	13.79	21.70	8.75	12.30	4.84
8.89							
10.16							
11.43							
12.70							

**Expansión:**

Días de Inmersión en agua	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
1	0	0	0
2	68	96	126
3	101	132	195
4	215	250	302
5	403	420	450
	3.17	3.31	3.54

Ing. Román Ramírez Restegui  
 C.I.P. N° 73429

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES S.R.L.  
**Miguel A. Rendón Vasquez**  
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718  
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com



**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**

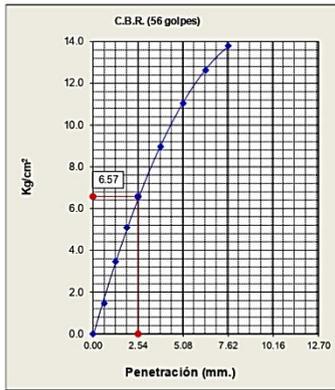
Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

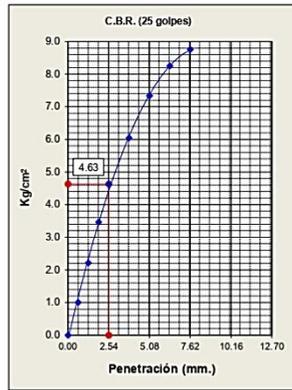
**PROYECTO :** ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020\*

**MATERIAL :** Terreno de Fundacion  
**SUELO :** Tipo (CL) ò Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad  
**CALICATA :** 01 y 02  
**PROFUNDIDAD :** 1.50 m  
**FECHA :** Julio del 2,020  
**Tesista :** Karen Kassandra Flores Isminio  
**Tesis :** Para Obtener el Titulo Profesional de Ingenieria Civil  
**Universidad :** Cesar Vallejo

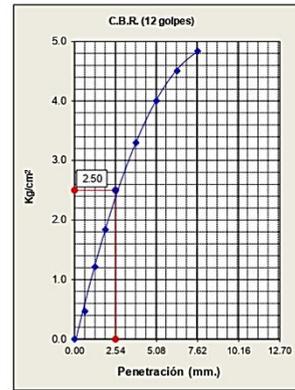
**Máxima Densidad Seca :** 1.799 gr/cm<sup>3</sup>  
**Optimo Contenido de Humedad :** 13.1 %



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 9.4

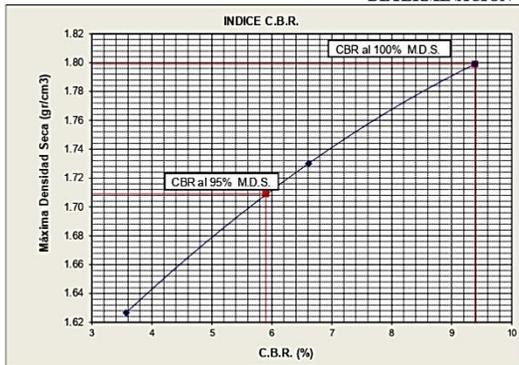


C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 6.6



C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 3.6

**DETERMINACION DE C.B.R.**



95% DE M.D.S. : 1.709

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" :	9.4 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 01" :	5.9 %

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES S.A.S.  
**Miguel A. Rodríguez**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS  
 CENEPTO Y SUELOS

*[Signature]*  
 Ing. Ronald Ramírez Rosalgu  
 C.I.P. N° 73439



**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTÍN-2020"

**MATERIAL :** Terreno de Fundacion  
**SUELO :** Tipo (CL) ò Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad  
**CALICATA :** 01 y 02  
**PROFUNDIDAD :** 1.50 m  
**FECHA :** Julio del 2,020  
**Tesista :** Karen Kassandra Flores Isminio  
**Tesis :** Para Obtener el Titulo Profesional de Ingenieria Civil  
**Universidad :** Cesar Vallejo

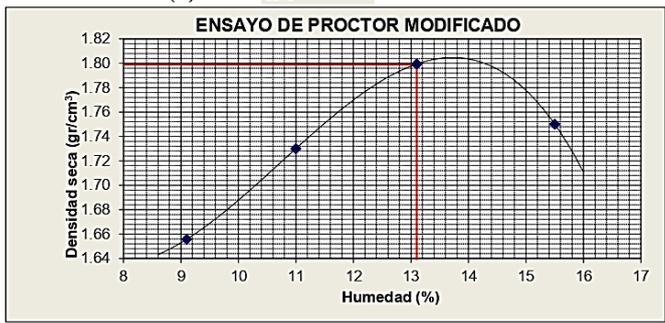
**Compactación**

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5702	5809	5917	5904
Peso molde (gr.)	4004	4004	4004	4004
Peso suelo compactado (gr.)	1698	1805	1913	1900
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	940	940	940	940
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.806	1.920	2.035	2.021

**Humedad (%)**

Tara N°	13	14	15	16
Tara + suelo húmedo (gr.)	232.01	236.43	239.12	243.25
Tara + suelo seco (gr.)	215.82	216.76	215.80	215.68
Peso de agua (gr.)	16.19	19.67	23.32	27.57
Peso de tara (gr.)	37.86	37.90	37.80	37.82
Peso de suelo seco (gr.)	177.96	178.86	178.00	177.86
Humedad (%)	9.10	11.0	13.1	15.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.656	1.730	1.799	1.750

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.799  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 13.1



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC.  
 Miguel A. Huanqui Vasquez  
 TECNICO ESPECIALISTA EN SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramirez Roategui  
 C.T.P. N° 73439



**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

Proyectos & Servicios Generales J.R. SAC

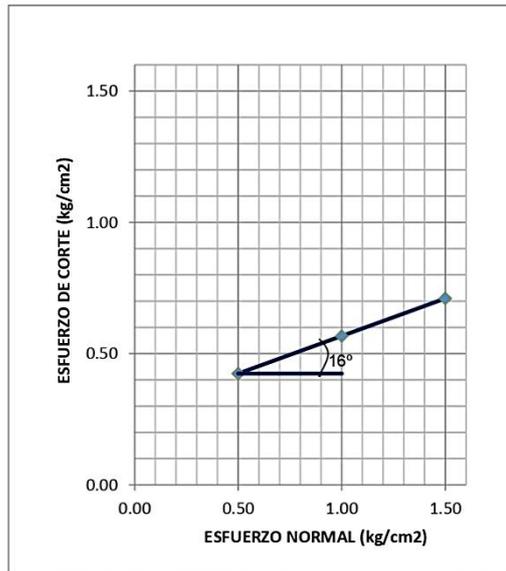
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"

**MATERIAL :** Terreno de Fundacion  
**SUELO :** Tipo (CL) ò Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad  
**CALICATA :** 01 y 02  
**PROFUNDIDAD :** 1.50 m  
**FECHA :** Julio del 2,020  
**Tesista :** Karen Kassandra Flores Isminio  
**Tesis :** Para Obtener el Titutlo Profesional de Ingenieria Civil  
**Universidad :** Cesar Vallejo

Nº DE ESPECIMEN	PESO VOLUME-TRICO SECO (gr/cm <sup>3</sup> )	ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> )	PROPORCION DE ESFUERZOS (t/s)	HUMEDAD NATURAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1.454	0.50	0.847	13.30	0.424
2	1.458	1.00	0.567	13.41	0.567
3	1.462	1.50	0.473	13.35	0.710

RESULTADO	
COHESION (kg/cm <sup>2</sup> )	: 0.280
ANGULO DE FRICCION INTERNA (°)	: 16 °



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Miguel A. Heiliger Viquez  
 REG. LABORATORISTA DE SUELOS  
 CONCEJERÍA DE SUELOS

Ing. Royal Ramírez Reategui  
 C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718  
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com



**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**  
Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento,  
Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana,  
Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"

**MATERIAL** : Terreno de Fundacion  
**SUELO** : Tipo (CL) ò Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad  
**CALICATA** : 01 y 02  
**PROFUNDIDAD** : 1.50 m  
**FECHA** : julio del 2,020  
**Tesista** : Karen Kassandra Flores Isminio  
**Tesis** : Para Obtener el Titutlo Profesional de Ingenieria Civil  
**Universidad** : Cesar Vallejo

**CAPACIDAD PORTANTE  
(FALLA LOCAL)**

$$q_d = (2/3)C \cdot N'_c + Y \cdot D_f \cdot N'_q + 0.5 Y \cdot B \cdot N'_y$$

Donde:

$q_d$  = Capacidad de Carga limite en Tm/m<sup>2</sup>

C = Cohesión del suelo en Tm/m<sup>2</sup>

Y = Peso volumétrico del suelo en Tm/m<sup>3</sup>

Df = Profundidad de desplante de la cimentación en metros

B = Ancho de la zapata, en metros

N'c N'q, N'y = Factores de carga obtenidas del gráfico

**DATOS:**

$\phi$ =	16 °
C =	0.280
Y =	1.790
Df =	1.50
B =	1.00
Nc =	10.50
Nq =	1.90
Ny =	0.80

$$q_d = 25.42 \text{ Tm/m}^2$$

$$q_d = 2.54 \text{ Kg/cm}^2$$

\* Factor de seguridad (FS=3)

**PRESION ADMISIBLE**

$$q_a = 0.85 \text{ Kg/cm}^2$$

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC.  
**Miguel A. Reinosqui Vasquez**  
T.E.C. LABORATORISTA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramirez Reategui  
C.I.P. N° 73439



Proyectos & Servicios Generales J.R. SAC

**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**  
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras,  
 Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y  
 Topografía.

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL  
 PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"  
**MATERIAL** : Terreno de Fundacion  
**SUELO** : Tipo (CL) ò Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad  
**CALICATA** : 01 y 02  
**PROFUNDIDAD** : 1.50 m  
**FECHA** : Julio del 2,020  
**Tesista** : Karen Kassandra Flores Isminio  
**Uso** : Para Obtener el Titutlo Profesional de Ingenieria Civil  
**Universidad** : Cesar Vallejo

**DETERMINACION DE SALES SOLUBLES**

Recip. N°	01
N° Muestra	01
Volumen de filtrado en cc (V) Cm3	200.0
Peso Cápsula + Residuo	188.0120
Peso Cápsula (gr.)	187.9400
Peso Residuo (W) gr.	0.072
$C = \frac{w}{V} \times 1000000$ P.P.M	360
$P = \frac{C.O.}{10000}$ C/O	0.036
<b>% SALES SOLUBLES</b>	<b>0.036</b>

**PESO ESPECIFICO**

D A T O S		
Peso del Suelo Seco ( Wo)	200.0	grs.
Peso del Frasco + Peso del Agua (Ww)	685.43	grs.
Peso del Frasco + Peso del Agua + Peso Suelo (Ws)	809.38	grs.
<b>Peso Especifico del Suelo</b>	<b>2.63</b>	<b>grs./cc.</b>

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC.  
**Miguel A. Beatoqui Vasquez**  
 REG. LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO

 *Miguel A. Beatoqui Vasquez*  
 Ing. Ronald Ramirez Reategui  
 C.I.P. N° 73439



**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**  
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"

**PROGRESIVA :** KM. 3+300  
**CALICATA :** C-02 - M1  
**PROFUNDIDAD:** 0.00 - 1.50 m

**Tesista :** Karen Kassandra Flores Isminio  
**Tesis :** Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil  
**Universidad :** Cesar Vallejo

Julio del 2,020

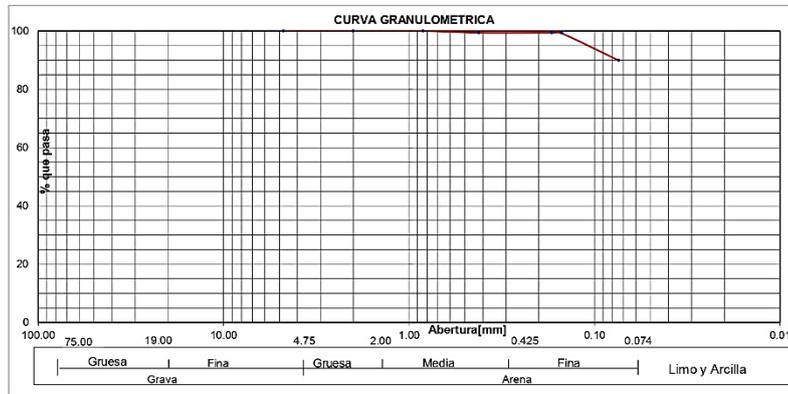
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION. NORMAS ASTM D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

Peso Inicial Seco, [gr]	500.00
Peso Lavado y Seco, [gr]	

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcentaje Ret. [%]	Porcentaje Ret. Acumulado [%]	Porcentaje Acum. Pasante [%]
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
3/8"	9.525				
Nº 4	4.760				100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.840				
Nº 40	0.420	3.00	0.60	0.60	99.40
Nº 80	0.170				
Nº 100	0.150	1.00	0.20	0.80	99.20
Nº 200	0.074	46.50	9.30	10.10	89.90
< Nº 200	0.000	449.50	89.90	100.00	0.00

CARACTERISTICAS FISICAS			
P. E. RELAT. DE SOLIDOS [corregido por tº]	[gr/cc]		
HUMEDAD NATURAL	[%]	15.95	
LIMITE LIQUIDO	[%]	41.00	
LIMITE PLASTICO	[%]	20.30	
INDICE PLASTICO	[%]	20.70	
MATERIAL MENOR TAMIZ # 200	[%]	89.90	
LIMITE DE CONTRACCION	[%]		
POTENCIAL DE EXPASION		Medio	
CLASIFICACION S.U.C.S.		<b>CL</b>	
CLASIFICACION A.S.S.H.T.O.		<b>A-7-6</b>	<b>12</b>
INDICE DE CONSISTENCIA		Estable	<b>1.2</b>
D10 [mm]		Cu	
D30 [mm]		Cc	
D60 [mm]			
% Grava		% Arena	% Finos
0.00	10.10	89.90	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D 4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

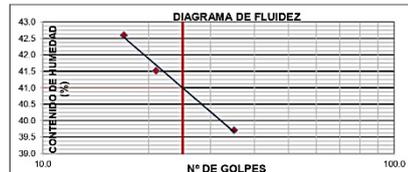
Procedimiento	Tara Nº		
	1	2	3
1. No de Golpes	35	21	17
2. Peso Tara, [gr]	21.85	21.98	21.99
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	34.27	34.66	34.51
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	30.74	30.94	30.77
5. Peso Agua, [gr]	3.53	3.72	3.74
6. Peso Suelo Seco, [gr]	8.89	8.96	8.78
7. Contenido de Humedad, [%]	39.71	41.52	42.60

**4. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)**

Procedimiento	Tara Nº
1. Peso Tara, [gr]	20.67
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	220.56
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	193.07
4. Peso Agua, [gr]	27.49
5. Peso Suelo Seco, [gr]	172.40
6. Contenido de Humedad, [%]	15.95

**B. LIMITE PLASTICO**

Procedimiento	Tara Nº	
	4	5
1. Peso Tara, [gr]	11.20	11.24
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	17.18	17.28
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	16.19	16.24
4. Peso Agua, [gr]	0.99	1.04
5. Peso Suelo Seco, [gr]	4.99	5.00
6. Contenido de Humedad, [%]	19.80	20.80
7. Contenido de Humedad Promedio, [%]	20.30	







**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**  
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

REGISTRO DE EXCAVACION				
<b>PROYECTO :</b> "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"				
<b>MATERIAL :</b> TERRENO DE FUNDACIÓN				
<b>CALICATA :</b> C - 02				
<b>FECHA :</b> Julio del 2,020				
<b>Tesista :</b> Karen Kassandra Flores Isminio				
<b>Tesis :</b> Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil				
<b>Universidad:</b> Cesar Vallejo <span style="float: right;">Km 0+150</span>				
PROF. ( m )	SIMBOLO		MUESTRA	DESCRIPCION DEL SUELO
	SUCS	GRAFICO		
0.00	CL		1	ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR MARRON HUMEDAD NATURAL: 15.95%
1.50				

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718  
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC  
**Miguel A. Hernández Varquez**  
 TITULO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 INGENIERIA CIVIL

Ing. Rondi Ramírez Reategui  
 C.I.P. N° 73439



**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**  
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras,  
 Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y  
 Topografía.

REGISTRO DE EXCAVACION				
<b>PROYECTO :</b> "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"				
<b>MATERIAL :</b> TERRENO DE FUNDACIÓN				
<b>CALICATA :</b> C - 01				
<b>FECHA :</b> Julio del 2,020				
<b>Tesista :</b> Karen Kassandra Flores Isminio				
<b>Tesis :</b> Para Obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil				
<b>Universidad:</b> Cesar Vallejo <span style="float: right;">Km 0+150</span>				
PROF. ( m )	SIMBOLO		MUESTRA	DESCRIPCION DEL SUELO
	SUCS	GRAFICO		
0.00	CL		1	ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR MARRON HUMEDAD NATURAL: 15.39%
1.50				

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718  
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC.  
 Miguel A. Hernández Vasquez  
 TEL. LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramírez Reategui  
 C.I.P. N° 73439



**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"

**MATERIAL** : Puzolánico de Cascarilla de arroz  
**FECHA** : Julio del 2,020  
**Tesista** : Karen Kassandra Flores Isminio  
**Uso** : Para Obtener el Titulo Profesional de Ingeniería Civil  
**Universidad** : Cesar Vallejo

**PROPIEDADES FISICA**

Recip. Nº	01
Nº Muestra	01
Humedad	0.80
Densidad (gr/cm3)	3.44
Peso Unitario Suelto (gr/cm3.)	0.327
Peso Unitario Compactado (gr/cm3.)	0.399

**PROPIEDADES QUIMICAS**

D A T O S		
SiO2	87.18%	Sílice
Al1O2	0.68%	Óxido de aluminio
Fe2O3	0.56%	Óxido Férrico
CaO	1.27%	Óxido de Calcio
MgO	0.36%	Óxido de Magnesio
Na2O	0.23%	Óxido de Sodio
K2O	2.12%	Óxido de Potasio
TiO2	0.02%	Óxido de Titanio
Perdida de Calcinación	7.58%	

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC  
**Miguel A. Healdy Vazquez**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO

 Ing. Ronald Ramírez Reategui  
 C.I.P. N° 73439



**PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC**  
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento,  
 Carreteras, Electrificación), Proyectos de Habilitación Urbana,  
 Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE UTILIZANDO PUZOLANICO DE CASCARILLA DE ARROZ Y CAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE, SAN MARTIN—2020"  
**MATERIAL** : Cal  
**FECHA** : Julio del 2,020  
**Tesista** : Karen Kassandra Flores Isminio  
**Uso** : Para Obtener el Titulo Profesional de Ingenieria Civil  
**Universidad** : Cesar Vallejo

**PROPIEDADES FISICA**

Recip. N°	01
N° Muestra	01
Estado Fisico	Solido
Color	Blanco
Olor	Sin Olor

**PROPIEDADES QUIMICAS**

D A T O S	
Concentracion	Mayor a 78% de Cal Util
Punto de Fusion (°C)	2580°C
Punto de Ebullicion (°C)	2850°C
Densidad Relativa (gr/cm3)	3.37 gr/cm3 a 20°C
Densidad Aparente (gr/m3)	900 kg/m3
Masa Molar (gr/mol)	56.07 gr/mol
Solubilidad de Agua	1.65 gr/l. (20°C)
	Forma de Hidroxido de Calcio
Valor del Ph	-

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC  
**Miguel A. Healygui Vasquez**  
 TECNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO

  
 Ing. Ronald Ramirez Reategui  
 C.I.P. N° 73439

**ANEXO 3:**  
**PANEL FOTOGRÀFICO**

**En la imagen N°01:**

Se puede observar las Progresivas 1+000 km al 3+000 km.



**En la imagen N°02:**

Se puede observar las Calicata N°01 Y Calicata N°02.



En la imagen **N°03**:

(a) Se observa la muestra de suelo para el ensayo del contenido de humedad natural a realizarse.

(b) Se observa el lavado del suelo para realizar la respectiva granulometria.



(a)



(b)

En la imagen **N°04**:

(a) y (b) Se observa el tamizado de la muestra del suelo pasar por las mallas respectivas.



(a)



(b)

**En la imagen N°05:**

(a) Se observa los instrumentos para realizar el ensayo de limite liquido y plastico.

(b) Se observa e del ensayo del limite plastico.



**(a)**



**(b)**

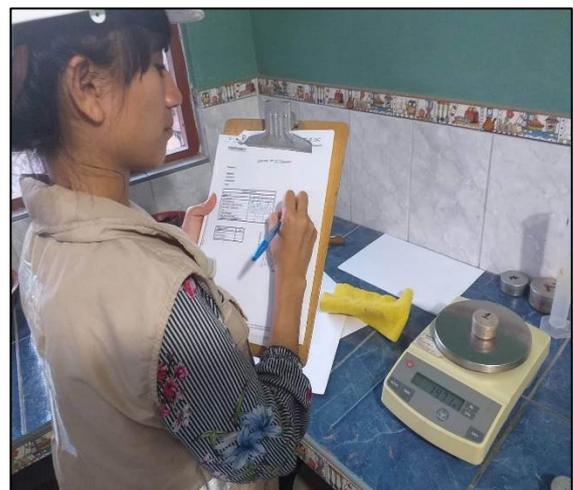
**En la imagen N°06:**

(a) Se observa e del ensayo del limite plastico.

(b) Se observa la balanza con la muestra del ensayo realizado.



**(a)**



**(b)**

**En la imagen N°7:**

(a) Se puede observar el secado de la muestra de suelo para el contenido de humedad.

(b) Se puede observar la mezcla del agua con el suelo para el ensayo del proctor modificado y conocer el porcentaje óptimo del contenido de humedad.



**(a)**



**(b)**

**En la imagen N°8:**

(a) y (b) Se puede observar el procedimiento del proctor para la compactación por 5 capas.



**(a)**



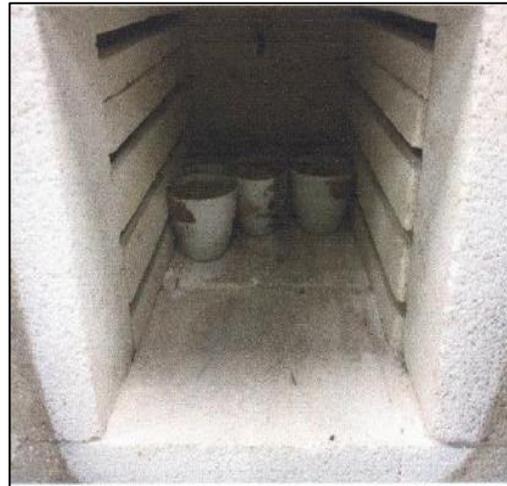
**(b)**

**En la imagen N°9:**

- (a) Se coloca la cascarilla de arroz en pasillos pequeños de porcelana.
- (b) Calcinación en horno mufla a una temperatura de 450°C durante una hora.



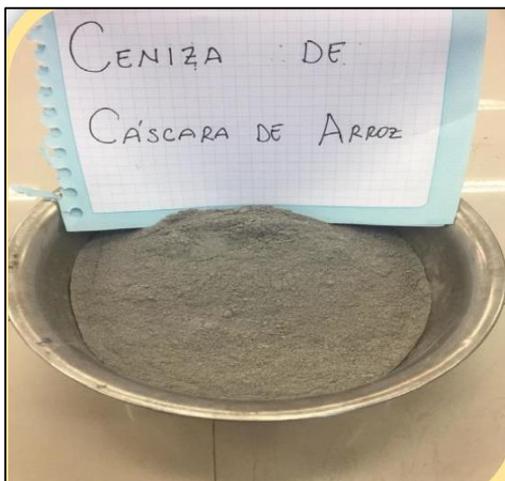
(a)



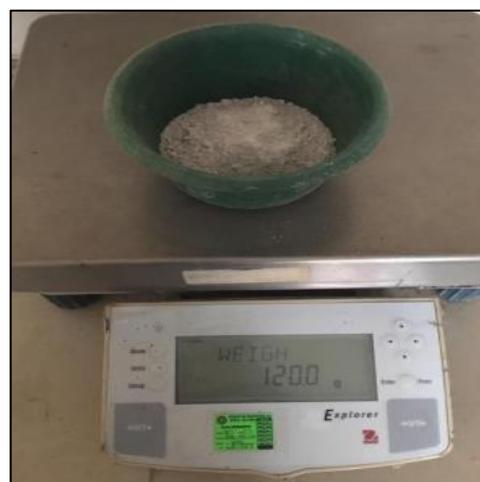
(b)

**En la imagen N°10:**

- (a) Obtención de la ceniza de cáscara de arroz.
- (b) Obtención de la cal.



(a)



(b)

**En la imagen N°11:**

(a) Se puede apreciar los moldes a utilizar para la ejecución del ensayo de CBR.

(b) Se puede observar la mezcla del agua con la muestra de suelo.



**(a)**



**(b)**

**En la imagen N°12:**

(a) y (b) Se observa la compactación del suelo por capas.



**(a)**



**(b)**

**En la imagen N°13:**

(a) Se observar la lectura de expansión para el CBR.

(b) Se anota los resultados de la Prensa de CBR.



(a)



(b)

**En la imagen N°14:**

(a) y (b) Se observa los moldes para CBR que se utilizaron para los ensayos respectivos.



(a)



(b)

**ANEXO 4:**  
**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE**

Partida	Mejoramiento de Suelo a Nivel de Subrasante con		
Unidad de Medida	M3		
Rendimiento	450.00	M3/Día	
Costo Unitario Directo	S/. <b>29.45</b>	(Sin IGV)	
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Mano de Obra</b>			
OPERADOR	hh	1.0000	0.0178
OFICIAL	hh	1.0000	0.0178
PEÓN	hh	4.0000	0.0711
<b>Materiales</b>			
AFIRMADO PARA SUBRASANTE	m3		0.3900
<b>Equipos y Herramientas</b>			
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000
CAMIÓN CISTERNA (AGUA) 2 000 GAL	hm	1.0000	0.0178
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135 HP 10-12 T	hm	1.0000	0.0178
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0178

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE**

Partida	Mejoramiento de Suelo a Nivel de Subrasante Adicionand Cascarilla de arroz y Cal.			
Unidad de Medida	M3			
Rendimiento	450.00	M3/Día		
Costo Unitario Directo	S/. <b>20.75</b>	(Sin IGV)		
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
<b>Mano de Obra</b>				
OPERADOR	hh	1.0000	0.0178	22
OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	18
PEÓN	hh	5.0000	0.0889	16
<b>Materiales</b>				
MATERIAL DE SUBRASANTE EXISTENTE + CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL	m3		0.0300	350
<b>Equipos y Herramientas</b>				
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.
CAMIÓN CISTERNA (AGUA) 2 000 GAL	hm	1.0000	0.0178	110
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135 HP 10-12 T	hm	1.0000	0.0178	160
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0178	180