

NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LA CENIZA DE CARBÓN  
COMO ADITIVO ESTABILIZADOR EN SU  
ELOS ARCILLOSOS CON FINES DE PAV**

AUTOR

**Cristian Deyvi Villanueva Meza**

RECUENTO DE PALABRAS

**17848 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**93459 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**88 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.9MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jan 18, 2023 11:29 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jan 18, 2023 11:30 AM GMT-5**

### ● 8% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

**1.1 Realidad problemática****1.1.1 A nivel internacional**

En el país de los Estados Unidos de América hay nuevas propuestas que ayudan a reducir el efecto no deseado en el aumento de la producción industrial, ya que está orientado gradualmente hacia los recursos energéticos renovables que generará cambios de residuos a procesos y usos complejos ecológicamente inadmisibles. Este incremento de desechos industriales beneficia a la economía y al medio ambiente, para aminorar de manera gradual el impacto ambiental negativo, se utilizará estos materiales desechables como iniciativa dirigida a pavimentos y de esta manera aplicado como producto químico a los suelos a darle una mayor resistencia al terreno mejorando sus propiedades (Hongxu et al., 2022).

El avance tecnológico en el país de Brasil, han explorado que la ceniza de carbón vegetal ha logrado un gran auge en los países industrializados ya por crecimiento de la productibilidad de potencia eléctrica parte del carbón como material eficiente, queda demostrado que en varios países la tecnología ordinaria aplicada en Europa y Estados Unidos no utiliza los gases residuales de la pirólisis, lo que lleva a la pérdida del 30% de energía y disminuye la calidad del aire pensando en la tecnología y economía en el ámbito constructivo, se utilizan como aglomerante ceniza de carbón con fines de carretera que permite mejorar las resistencias mecánicas, capacidad de soporte haciéndolo más eficiente y durable (Leme et al., 2021).

Actualmente las industrias en el centro de América del Norte, se desconoce que se emplea el residuo de cenizas volantes procedente de las fábricas de Industrias ladrilleras que generan grandes proporciones de gas invernadero que repercutan negativamente en la sociedad y medio ambiente, su propósito es determinar el comportamiento mecánico que produce este aditivo como estabilizante de suelo determinando su capacidad de soportar cargas que transmiten los vehículos de transporte, pero si se tiene conocimiento del uso como aditivo en estabilización de

suelos como un aglomerante puzolánico mediante una activación alcalina, para ser aplicada en la carretera (Aydin, 2017).

En la India, los residuos de carbón es uno de los principales contaminantes en todo el mundo debido a su contenido de metales pesados extraído por la energía electrostática que tienden a polvos suspendidos en gases de combustión, en cambio las cenizas que produce de hogar caen al fondo por la misma gravedad que se distingue principalmente por el tamaño de las partículas. El rendimiento de ceniza volantes excede de gran volumen a la ceniza de hogar dando porcentaje de valor de un 80% del total de cenizas producidas en las industrias ladrilleras. Los residuos de carbón están compuestos por ricas fuentes de carbono orgánico como hidrocarburos policíclicos y policromáticos que se utilizan en varias industrias para el desarrollo (Javed et al., 2021).

En el país de Korea, los procesos constructivos de estudios denotan que las propiedades anteriores acerca de la resistencia del hormigón en ceniza de carbón, van innovando estudios tecnológicos basados en el reciclaje de ceniza como aglomerante a la mezcla del concreto, estos residuos puzolánicos presentan un elevado contenido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) dando cavidad a las cenizas de carbón que tienen mejores propiedades, donde se mostró una resistencia <sup>16</sup> significativa en comparación con el suelo puro sin tratar mediante un ensayo de erosión por aspersion. Además de aportar valiosos beneficios con el objetivo de reducir en el ámbito económico y aspecto en la construcción (Yang et al., 2020).

En el país de Taiwán, los residuos volantes, tienden hacer un desecho ambiental situacional originadas en las calderas industriales termoeléctricas, por otro lado el concreto es un material indispensable en las construcciones de ingeniería civil, teniendo su dosificación el que necesita uso de aditivo como aglomerante, es necesario y fundamental incorporar este residuo como aditivo la ceniza de carbón y ceniza cascara de arroz como sustitutos parciales en el cemento portland ordinario en el hormigón permeable con el único propósito de mejorar sus aplicaciones en el ámbito de la construcción vial (LienLo et al., 2021).

### 1.1.2 A nivel nacional

En el Distrito Chimbote, actualmente el proceso constructivo de la norma CE.020 (2002) indica químicamente la cal hidratada y cenizas volantes para proceso de estatización en suelo con fines de pavimentación, el propósito es hallar la resistencia y deformación que produce la ceniza de carbón añadiendo un 10% en la mezcla asfáltica caliente, considerando 4 porcentajes del 4%, 4.5%, 5%, 5.5% con porcentajes de 10% por ceniza de carbón, obteniendo buena resistencia y deformación en carpeta asfáltica teniendo en cuenta la importancia de efectuar nuevas aplicaciones técnicas para mejorar la calidad y longevidad. Se utiliza estas cenizas procedentes de las industrias, dando así alternativas viables, tanto en el proceso mecánico, físico y químico, dando así nuevas alternativas para hacer utilizadas en el ámbito de la construcción (Rosales Lecca J. G., 2019).

En la región Amazonas, no existe un sistema de gestión de pavimento adecuado, ya <sup>23</sup> que presentan suelos con baja capacidad de resistencia que es desfavorable para ser utilizada como subrasante, siendo que el pavimento sufre un deterioro continuo por la capacidad de aumento de tráfico y los efectos del medio ambiente y al no tener un mantenimiento adecuado el pavimento sufre deficiencias. Por ello se ha tomado medidas modernas en la evaluación de la ceniza volante obtenida de las industrias ladrilleras de la ciudad de Chachapoyas, la muestra adicionada en ceniza de carbón al 15%, 20% y 25% dando incremento a la capacidad de soporte (CBR), que tiende a relacionarse directamente en porcentajes de ceniza volante, determinando que los suelos tipo CH y OH mejoran su capacidad portante según el manual geométrico de carreteras (DG-2018), con el propósito de ser usados como una subrasante mejorada el ámbito constructivo (Labajos & Núñez, 2020).

En la región Puno, el proceso constructivo desde el año 2017 viene innovando planteamientos para la inclusión de materiales contaminantes (cenizas volantes) como aglomerante en las mezclas en suelo arcilloso con baja resistencia por lo tanto a veces cumple con los requerimientos que se emplean en proyectos

viales. Con el propósito en nuevas tecnologías constructivas, por ello están evaluando la ceniza de carbón como aditivo primordial ya que su forma es de granos finos que está compuesto por silicatos, aluminio, cal y otros óxidos provenientes de industrias termoeléctricas situadas en la ciudad de Moquegua y que ayuda a obtener una reacción puzolánico, dado que en los suelos arcillosos con otras sustancias disminuye el índice de expansión (Humpiri & José, 2017).

En la provincia de Chachapoyas, debido a su baja resistencia desfavorable que ocurre en los suelos, no es recomendable para ser usada como subrasante. La metodología para tratar es empleando residuos obtenidos en la industria ceniza de carbón producida en las calderas industriales, las muestras de ceniza carbón a porcentajes de 15% 20% y 25% donde los ensayos de compactación Proctor estándar, CBR, llegando a determinar que los aglomerantes cenizas volantes dan resultados óptimos mejorando su capacidad portante para ser usados como una subrasante mejorada (Goñas Labajos, 2019).

### **1.1.3 A nivel local**

En el Distrito de Pimentel, la estabilización del suelo no cohesivos en su metodología plantea ensayos mecánicos de suelo, dando como resultados que logra elevar su resistencia al corte de 9% a 50% originando la fricción estática de 59% a 117% de la muestra tratada, por otro lado, los suelos de la localidad de Ferreñafe son de baja porosidad dada pero su granulometría es variada y se evidencia por su rigidez y resistencia elevada (Falen Chávez Arroyo & Cubas Benavides, 2016).

En el Distrito de La Victoria, el presente informe determina el límite de correlación y proceso coloidal en suelo tipo arcilla, partiendo en su metodología se optó a evaluar un perímetro de 3 hectáreas, la cual extrajeron muestras de 09 calicatas plenamente georreferenciada, la cual se llevaron a estudiar en el laboratorio 29 extractos, para poder hallar su granulometría, contenido de humedad, para poder clasificarlo en Sistema Unificado de Suelos (SUCS) y American Association of Stare Hinghway and Transportation (AASTHO), se pudo determinar el método de parafina y poder así correlacionarla con el proceso de la

actividad, para poder así implementar en obras de edificación y pavimentación teniendo en cuenta la categoría inactiva en termino general los suelos con contracciones menor a 20%, se encuentra en el nivel rango activo (Torres Lora, Luis Alberto., 2019).

La construcción en el Distrito de La Victoria, se viene evaluando el nivel de la subrasante con respecto a su resistencia utilizando producto reciclable como polímero, en su metodología emplearon ensayos de laboratorio de suelos donde se evaluó la subrasante dividida en 2 tramos según sus características físicas, según la norma de carreteras, se elegirá el estabilizador de los 8 tipos a estabilizar, en la cual se obtendrá uno que se adapte a las característica del suelo a mejorar para después compararlo con el análisis obtenidos del mejoramiento con los polímeros reciclados, en sus resultados de este ensayo consta de 5 capítulos donde detalla cada capítulo el método similar que gran parte no utiliza el proceso de estabilizar los suelo con baja resistencia portante, según la norma de carretas, Concluyeron que proporcionando cantidades de residuo como agente estabilizador aumenta el nivel de subrasante mediante el uso de polímero. Logrando a la vez reducir costos de mantenimiento por tratarse un producto reciclable (Guzmán Montenegro, 2019).

## 1.2 Antecedente de estudio

### 1.2.1 A nivel internacional

En el país de la India (Raj et al., 2018) en su investigación titulada “Evaluación del desempeño de tierra apisonada estabilizada con cenizas de carbón”. Tuvo como **objetivo** determinar los aspectos en durabilidad y resistencia de tierra apisonada con ceniza de carbón, en su **metodología** empleó estudios de compactación en diferentes combinaciones de mezclas de ceniza de carbón determinando el 30% del contenido ligante, en su resistencia del suelo estabilizado se determinó después de 7, 14, 28, 45 y 60 días, de modo que <sup>16</sup> los **resultados** mostraron una mejora significativa en comparación con el suelo puro. Usando cilindros grandes y prismas de mampostería después de 28 días de curado, se evaluó a través de la prueba de erosión por aspersion que mostró su efectividad en la resistencia de erosión. <sup>5</sup> **concluyeron** que el suelo estabilizado con ceniza de carbón mostró resultados

prometedores para la utilización en la construcción de tierra apisonada obteniendo un contenido óptimo para su uso como ligante.

En el país de Turquía (Seyhan et al., 2022) en su investigación titulada “Utilización de residuos para elevar la resistencia del relleno de la subbase del suelo” tuvo como **objetivo** utilizar materiales de desechos en la construcción para crear prácticas sostenibles, en su **metodología** el uso económico de una variedad de materiales de desecho para reducir su impacto ambiental para su uso potencial en relleno como subbase de carreteras, se reemplazó un 15% de cal y FA mientras que el remplazo de GW varió del 10% al 20%, las pruebas incluyeron la resistencia de varias composiciones del suelo sujetas a diferentes tiempo de curado, en sus **resultados** obtenidos indican que se puede incorporar GW en materiales de base de carreteras para mejorar su capacidad al 15% cal, 15% FA, 20% GW y 50% resultó en peso unitario seco y un buen contenido óptimo de humedad. **concluyeron** que aumenta notablemente en relación de carga california de más de 8 veces en 1 día y 28 días de régimen de curado en comparación con la muestra de control.

En el país de Brasil (Santarem et al., 2019) en su investigación titulada “Ceniza de fondo de carbón mezclada con ceniza volante y cemento portland como producto tecnológico en pavimentación de carreteras” tuvo como **objetivo** primordial obtener una resistencia al adherir ceniza volante al cemento portland llegando a su alto grado puzolánico y brinde mejores proporciones óptimos al pavimento, de modo que en su **metodología** se empleó 16 mezclas con el uso de ceniza de carbón y cemento portland compuesto con ensayos Proctor simple con 7, 14, 28 y 84 días de tiempo de curado, en sus **resultados** de este estudio indicaron que la ceniza de fondo es un material del grupo A – 4 en la clasificación TRB la mezcla compuesta por 87% ceniza de fondo, 5% ceniza volante, 8% cemento en mezcla ideal. **concluyeron** que la mezcla con relación del cemento inferior al 8% no cumplen con la norma para una resistencia mínima de 2,1MPa y, por otro lado, la ceniza de fondo presentó una mejor capacidad de soporte que algunos suelos.

En el país de Estados Unidos de América (Islam et al., 2018) en su investigación titulada “Desarrollo a la fuerza del suelo arcilloso estabilizado con ceniza de carbón” tuvo como **objetivo** elevar la resistencia a compresión (UCS) de un suelo arcilloso obteniendo el mejor porcentaje a suelo a tratar, en su **metodología** se realizaron diferentes ensayos geotécnicos en mezcla de limo inorgánico y arcillas orgánicas de plasticidad media a alta con un mesurado contenido de humedad (OMC) al 19%, - 24% en un tiempo de curado de hasta 3, 7, 14, 28 y 90 días. Para ello en su **resultado** mostraron <sup>1</sup> máxima densidad seca (MDS) y un óptimo contenido de humedad (OCH) de suelo natural con 1,615 g/cm<sup>3</sup> 3%, 20% y 30% respectivamente. **concluyeron** que las muestras obtenidas proporcionan al suelo una mejor en resistencias y resultados categóricos.

En país de Ecuador (Maldonado & Cañar Tiviano, 2017) en su investigación titulada “Análisis comparativo de resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos fino y arcilloso combinada con residuos en ceniza carbón”. Como objetivo fue determinar <sup>24</sup> la capacidad de soporte a la resistencia al corte de dos suelo diferentes adhiriendo como aditivo cenizo de carbón, en su **metodología** fue de estudio experimental tiene como análisis evaluar dos suelos diferentes incorporando residuo de carbón como aditivo siendo los ensayos correspondientes en granulometría, límite de atterberg, en sus **resultados** de Proctor modificado se dio que la MDS y con el ensayo CBR donde se procedió hacer adiciones en 3 muestras de porcentajes al 20%-23%-25% de ceniza volante de carbón con el fin de poder determinar su resistencia. **concluyeron** que las 2 muestras de suelo tratados estadísticamente adhiriendo como aditivo aglomerante ceniza de carbón proporciona resultados óptimos en subrasante.

### 1.2.2 A nivel nacional

En la provincia de Lima (Leon Polo & Chilcon Chilcon, <sup>7</sup> 2020) en su investigación titulada “Evaluación de estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante de la Av. Cuzco, Distrito de San Martin de Porres, 2020”. Tuvo como **objetivo** dar a conocer a través de la adición del residuo ceniza de carbón mediante la aplicación de ceniza como aditivo estabilizador par suelos arcilla en su **metodología** parte hacer de enfoque cuasi experimental, utilizando como referencia

dos tipos de investigación ya sustentados, y que mediante ensayos reglamentarias a lo que dice la norma, con el único propósito que genere una buena resistencia. Esta ceniza que va hacer incluida la suelo para poder estabilizarlo, en sus **resultados** de comparación de ambas investigaciones (tesis) **concluyeron** que los análisis de laboratorio añadiendo ceniza de carbón si mejora significativamente para poder estabilizarlo.

En el Distrito de Chimbote (Cabrera Nole & Paredes Minaya, 2018) en su investigación titulada “Estabilización de suelos con ceniza de carbón con fin de pavimentación en centro poblado cascajal Izquierdo, provincia de santa – Ancash – 2018”. En su **objetivo** primordial utilizar residuos volantes ceniza para estabilización de suelos con el propósito en la pavimentación, en su **metodología** es de estudio no experimental que involucra la muestra del área en terreno a evaluar con perímetro de 28 000m<sup>2</sup>, dando como **resultados** muestras de manera directa y confiable, granulometría 107-200 (MTC E 1090), Proctor modificado 115-2000 (ASTM-D 1557), límites de atterberg ASTM D 4318, CBR MTC E 132-2000, **concluyeron** que añadiendo este residuo carbón, mediante ensayos en laboratorios de mecánicas de suelo, se observa que agregando ceniza de carbón en 4,8 – 10% mejora sus propiedades.

En el Distrito de Ate Vitarte (Arias Manrique & Ramos Javier, 2020) en su investigación titulada “Aplicación de ceniza de residuo de carbón proveniente de hornos de artesanales de ladrillera, para amento en la subrasante. En su **objetivo** esencial el mejoramiento de subrasante al aplicarle residuos de ceniza de carbón, en su **metodología** de enfoque cuantitativo, de diseño cuasi experimental, las 3 muestras de calicatas realizadas en laboratorio muestran porcentajes diferente de 5%, 10%, 15%, dando como **resultados** limites consistencias en los 3 ensayos realizados, habiendo reducido en promedio 31.1%, 71.0% y 100% que el resultado la muestra natural, **concluyeron** que añadiendo un 15% de ceniza de carbón hubo una reducción en el índice de plasticidad hasta 100%, por ende no redujo el OCH y la MDS, mostrando aumento de 0.81% y máximo 16.10% con respecto a la muestra patrón, según el reglamento estipulado en el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) y la norma (C.E 010 – pavimentos) suelo de subrasante buena 8%<CBR<17%.

En el Distrito de Chimbote (Jara Ferrer & Muñoz Ramirez, 2021) en su investigación titulada “Diseño comparativo en pavimentos rígido y flexible con subrasante mejorada adicionando un 10% de residuo mineral en cenizas en carretera cascajal izquierdo- Áncash”. Tuvo como **objetivo** evaluar el sistema comparativo entre el diseño del pavimento rígido y flexible añadiendo un 10% de residuos de ceniza de carbón en subrasante natural, en su **metodología** de enfoque cuantitativo no experimental de nivel descriptivo, se desarrolló métodos de AASHTO – 1993, cumpliendo los requerimientos básicos de transportes (MTC), dando como **resultados** promedios de rangos óptimos añadiendo 10% de ceniza de carbón, donde se realizó obtener presupuesto de cada tipo de pavimentos a tratar, **concluyeron** que añadiendo 10% de ceniza de carbón mejora el pavimento flexible en la subrasante.

En el Departamento de Áncash (Rosales Lecca, Joan Gerardo., 2019) en su investigación titulada “Resistencia y deformación en mezclas asfálticas, añadiendo 10% de residuo ceniza de carbón”. Tuvo como **objetivo** primordial añadiendo en porcentajes un 10% a la mezcla para obtener su resistencia y deformación, en su **metodología** se utilizó agregados de la cantera Rubén, donde se extrajo una pérdida de masa y calorimétrica calcinando el polvo de carbón a 700 C°, dando como **resultados** deformación en las propiedades de mezcla por el método Marshall, se determinó ensayos de 24 briquetas con 4 porcentajes de asfalto de 4%, 4.5%, 5% y 5.5% generando un resultado de asfalto 5.01% en diseño convencional en ceniza de carbón un 5.10%, **concluyeron** que brinda una mejora en la carga de vehículos y una carpeta baja en deformación en el pavimento, otorgando obras con mejor resistencia adecuada.

En el Distrito de Huaraz (Ventura Obregon, 2018) en su investigación titulada “Análisis de resistencias a compresión, permeabilidad en el concreto, añadiendo residuos de ceniza de carbón”. Su **objetivo** es alcanzar resistencia de  $f^c 210 \text{kg/m}^2$  reemplazando al cemento por residuos volante de carbón en porcentajes en 5%, 10% y 15% en su **metodología** se emplearon 36 probetas: 9 para 0%, 9 para 5% y 9 para 15% de ceniza de carbón vegetal, en sus **resultados** elaborados con programas adecuados SPSS y Excel, dando como promedio porcentajes óptimos en laboratorio, **concluyeron** que al reemplazar al cemento en pequeños porcentajes

5% - 10%, 15% con ceniza de carbón mejora en su resistencia a un concreto f'c 210kg/cm<sup>2</sup>.

En el Distrito de Chimbote (Espinoza Eusebio & Honores Tantalean, 2018) en su investigación titulada “Estabilización de suelo arcilloso con conchas de abanico y cenizas de carbón con fines de pavimentación”. En su **objetivo** primordial es estabilizar suelos tipo arcilla agregando conchas de abanico como aglomerante, en su **metodología** empleada de tipo cuasi experimental en la cual realizaron ensayos físicos y mecánicos del suelo arcilloso del AA. HH en porcentajes de 20%-25%, y 30% en adición, implementaron valsas de este material conchas de abanico, natural de las plantas Aquapesca SAC, sometidas a calcinación a temperaturas elevadas, se utilizó ceniza de carbón provenientes de los hornos artesanales del distrito de localidad, en sus **resultados** mediante ensayos correspondientes determinaron su composición química en combinación de ambos, para usos en suelos arcillosos, esto genera un aumento en su resistencia CBR y sus variaciones físicas, **concluyeron** que al realizar un método flexible según las normas AASHTO 93, con el fin de llegar hacer una comparación de espesores en la parte de estructuras del pavimento d suelo natural puro y en sus combinaciones.

### 1.2.3 A nivel local

(Arroyo & B.K, 2016) En Distrito de Pimentel la Investigación titulada “Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas”. En su **objetivo** de análisis al comportamiento del residuo de residuo de ceniza en carbón, proveniente de fábricas artesanales para uso de estabilizador en suelos, en su **metodología** tipo cuantitativo enfoque Cuasiexperimental. se efectuó ensayos Proctor estándar en los suelos de Pimentel añadiendo este producto reciclable en proporciones de 7%, 14% y 21% por un tiempo de 28 días, en sus **resultados** aumentó la resistencia al corte entre 9% a 50% y el coeficiente interno estático un 59% a 177% de la muestra tratada **concluyeron** que la ceniza de carbón e hidróxido de sodio en suelos tipos arcillosos, así mismo es beneficiable utilizar la ceniza de carbón incorporando un 14% de hidróxido, en

suelos arcillosos en relevancia este método empleado si logró aumentar la resistencia, y reducir costos de mantenimiento.

(Torres Lora L. A., 2019) En el Distrito de la victoria <sup>2</sup> la investigación titulada “correlación al límite de contracción y el proceso coloidal en suelos arcillosos”. Tuvo **objetivo** determinar el aumento al límite de contracción al proceso coloidal al suelo arcilloso, en su **metodología** se estudió un perímetro de 3 hectáreas de longitud, donde se pudo realizar 09 calicatas, extrayendo 29 muestras representativas, en sus resultados mediante ensayos fue determinar la clasificación de SUCS y AASTHO, **concluyeron** que el límite de contracción del método de parafina y poder así procesar en el ámbito de construcción, teniendo en cuenta las contracciones baja de 10% en suelo natural y un 20% considerando un buen rango activo.

(Gastulo Meléndez & Salazar Avellaneda, 2018) En el Distrito de Pimentel la investigación titulada <sup>2</sup> “Determinación del óptimo contenido de polietileno de alta densidad para disminución en los asentamientos por consolidación unidimensional para suelo arcilloso”. Tuvo como **objetivo** analizar los asentamientos de suelos arcilloso, mediante alta densidad en adición de polietileno, en su **metodología** se optó a trabajar muestras de suelos adicionando 2%, 4%, 6% y 8% en sus **resultados** mediante ensayo se pudo determinar alta densidad al 6% de contenido óptimo, **concluyeron** que los suelos tratados mostraron una deformación de 5.400 mm, representado al 28,42%, en cambio en adición al suelo con un 6% que mostró una deformación de 3.397mm.

<sup>1</sup> (Guzmán Montenegro, 2019) En el Distrito de Pimentel la investigación titulada “Evaluación de la resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de La Victoria 2019”. En su **objetivo** determinar la resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de producto reciclable como el polímero, en su **metodología** se emplearon ensayos de laboratorio de suelos, se evaluó la subrasante dividida en 2 tramos según sus características físicas, según el manual de carreteras se elegirá el tipo estabilizador de los 8 tipos a estabilizar, en la cual se obtendrá uno que se adapte a las característica del suelo a mejorar para después compararlo con el análisis obtenidos del mejoramiento con los

polímeros reciclados, en sus **resultados** de este ensayo consta de 5 capítulos donde detalla cada capítulo el método similar para ser tratado en estabilizar suelos con proporciones en capacidad baja, según la norma de carreteras (MTC) **concluyeron** que proporcionando cantidades de residuo como agente estabilizador aumenta sus propiedades mecánicas al utilizar el polímero como aditivo, dando mejora al nivel subrasante.

(Becerra Santillán & Herrera Gonzáles, 2019) En el Distrito de Pimentel la investigación titulada “Estabilización en arcillas, arena y afirmados, empleando a los cementos Pacasmayo vía fuerte, mochica y Qhuna, Lambayeque 2018”. Tuvo como **objetivo** primordial la estabilización de arcillas, utilizando estos productos en proporciones para cementos Pacasmayo, Mochica y Qhuna, en su **metodología** de enfoque cuantitativa-experimental, se obtuvo como guía los planos de defensa civil, se extrajeron muestras de la cantera tres tomas, ubicada en Ferreñafe, en sus **resultados** se analizaron porcentajes diferentes a rango 4% y 19%, para así comparar resultados diferentes del suelo a tratar, **concluyendo** que el cemento Qhuna cumple con la mejor resistencia para los 3 tipos de suelos, siendo que el cemento mochica ofrece menor resistencia que al vía fuerte, logrando así estabilizar los 3 tipos de suelo evaluados.

(Requejo Carrillo, 2020) En el Distrito de Pimentel la investigación titulada “Estabilización de suelos arenosos utilizando Oryza sativa (arroz), pueblo joven las dunas- Lambayeque-Perú 2019”. Tuvo como **objetivo** comprobar sus propiedades físicas y mecánicas que ofrece ceniza de oryza en suelos arenosos, en su **metodología** se efectuó ensayos a muestras de porcentaje de oryza de 3%, 5%, 7% y 9%, dando como **resultados** en humedad al 0.55%, no presentan plasticidad según con la norma ASSHTO, en el ensayo CBR da como valor estipulado 22.47% y en máxima densidad  $1.690\text{g/cm}^3$ , de diferentes muestras de suelo evaluado con adición 3%, 5%, 7% y 9% en residuo de ceniza oryza, **concluyendo** que los porcentajes obtenidos del CBR al 23,30% - 24,87%- y 22,93%, mejorando significativamente el suelo tratado.

### 1.3 Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1 Carbón

(Dai & Finkelman, 2018) Es un material de proporciones organógena de color negro con porcentajes variables utilizado principalmente para la energía eléctrica, actualmente abastece el 41,00% en las necesidades mundiales en electricidad en su composición química tiene como elementos a nitrógeno, azufre, hidrógeno y oxígeno, con un elevado contenido de carbón (98%), la temperatura que produce es de (400° a 700°) siendo un material compuesto inorgánica queda como residuo volante expuesta al medio ambiente en textura de humo.

#### 1.3.2 Cenizas de carbón

El residuo ceniza a carbón tiene la facilidad de tener la proporción en ceniza de fondo, cenizas volantes y combinados definida según la ASTM, los residuos volantes agroindustriales que se encuentran en la quema en calderas para cogeneración de energía, llama la atención por su alta disponibilidad, con partículas mayores de (0.075m.m) retenido en la malla número 200, ya que el carbón inquemado contiene un alto contenido puzolanas, quedan demostradas las reacciones en microestructuras amorfas y cristalinas, por lo tanto partir de esta síntesis de aluminosilicatos que pretende obtener sustancias puzolanas a la del cemento Portland (Zhu et al., 2019).

(Nurul et al., 2017) Los hornos industriales para ceniza volantes de carbón y otros productos de ceniza de residuos es un producto económico y beneficiosos en la construcción. Por lo tanto, demostraron que adicionando en remplazo del cemento por residuos de ceniza de carbón estudiada del 10% de carbón obtenido el día 28 mostro un 11% más resistencia que la muestra de control y cuando se agregó el 15% de resistencia el día 28 se obtuvo el 91% de resistencia de control. Por tal se demuestra en que las pruebas de resistencias y de microestructuras la cantidad de ceniza de carbón como material de sustitución del cemento obtiene buena resistencia.

## **Figura 1.**

*Ceniza de carbón*



**Nota:** (Nurul et al., 2017)

(Alam et al., 2021) El residuo cenizo de carbón es uno de los principales contaminantes en todo el mundo debido a su contenido de metales pesados tóxicos, generando así la aceleración electroestática y mecánica en ceniza suspendidas. Los residuos producidos en hogares caen por la gravedad siendo así la principal diferencia el tamaño de la partícula y alcanza porcentajes hasta 80% del total de residuo de cenizas generadas en una industria.

(Kaur & D, 2016) La influencia que contiene la concentración de este residuo aumenta con el tiempo, los residuos volantes y escorias granulares que dan gran temperatura en hornos industriales que tienen un rango de (2 - 10 M) dando, así como resultado valores de resistencia que se aproxima al valor óptimo, mostrando una alta estabilidad térmica con la menor pérdida de peso. Varios estudios verificados concluyen que, que ceniza volante de carbón al 20 % a suelo arcillosos, por concerniente dando como resistencia a compresión al suelo (25kpa) y el CBR a un 2,6%.

### **1.3.3 Finura de Ceniza**

Son subproductos de la combustión del carbón y se utiliza ampliamente como sustituto del cemento, las propiedades de finura originan cementos con pequeños porcentajes de porosidad y resistencia mecánica principal, dado que los componentes de átomos pequeños de los materiales puzolánicos precisos para

reacción dada que tienen mayor contacto con sustancias químicas. El tamaño de la partícula (Finura de Blaine) en altas temperaturas en horno oscilan a  $400\text{cm}^2/\text{g}$ - $550\text{cm}^2/\text{g}$  tomando valores muy altos, efectuando poca resistencia mecánica. (Antoni et al., 2017) define que el estudio que se dio una microfibras en las propiedades mecánicas del geo polímero de finura de ceniza volante que contiene grado fino de concreto reciclado que tienden a expresarse en centímetros cuadrados por grano (Nuaklong et al., 2021).

La finura de ceniza debido a la descomposición que indican los materiales de desechos la central térmica del carbón de que genera cantidades significativas de subproductos sólidos que se conocen como ceniza volante que pueden ser utilizados como relleno ya que brinda capacidad de soporte en la mezcla, esto indica que la ceniza volante del carbón se puede fraccionar en residuo de fondo (según la norma establecida ASTM) los residuos volantes se encuentran en los hornos industriales. poseen partículas superiores a  $0.075\text{mm}$  (retenido en la malla N° 200) (Howladar & Mir Raisul, 2016).

La ceniza de carbón son uno de esos subproductos que pueden utilizarse como sustituto de la arena de río en el hormigón. Se evalúa sin cambiar condición ni propiedades de esta manera se evalúa por tamizado eliminando porcentajes elevados (Muthusamy et al., 2020). Los resultados de la muestra en ceniza volante de carbón mezcladas con cemento, son un material de ingeniería civil que pasan por el tamiz obtienen una resistencia a la compresión del material granular fino, quedando como resultado óptimo resistencias mecánicas superiores mediante reacciones química efectiva en la muestra (Nakamura et al., 2021).

#### **1.3.4 Materiales puzolánicos**

El material puzolana se define según las normas ASTM, Teniendo como propiedad de silicios y aluminios muy poco valor cementante sin embargo en presencia de humedad tienden a reaccionar químicamente con la temperatura de hidróxido para formar en si sustancias adheridas al cemento. Siendo en casos muy específicos la mezcla de residuos industriales como cenizo volante adhería a la

estabilización de suelos con fines de aumentar su capacidad portante (Huamani Quispe, 2020).

### **1.3.5 Suelo**

Es la combinación de materia orgánica (natural) definida en capas compuestas de proporción meteorizados que contiene microorganismos, se define a un material parental con una estructura consistente de propiedades netamente químicas, biológicas y físicas. Incluyendo reciclaje purificación he intercambio de gases con la atmosfera. El suelo haciendo combinación con la arena presentan aumento de presión y capacidad portante, siendo así que mediante estudios se obtiene resistencia para cimentaciones superficiales de futuras edificaciones (López Chanta & Torres Vera, 2021).

El contenido mineral de un suelo se deriva de un material parental, ya que sufre cambios de composición química hacia el suelo causado por el calentamiento que a pesar del tiempo sufre procesos físico, químico y biológico. Tienden a desarrollar una función importante en la formación del suelo (Anna et al., 2021).

En la construcción el suelo cumple una función primordial ya que es un material parental que siendo apisonada técnicamente cumple un rol sostenible, que tiene un perfil vertical desde el hecho rocoso a través de las rocas no consolidadas que contienen material grueso y piedras hasta un suelo bien degradado, el suelo estabilizado con cenizas de carbón mostró resultados prometedores para su utilización en la construcción (Raj S et al., 2018) .

Uno de los problemas que se presentan los suelos es la deficiencia por causa de los agentes químico y físicos percutando su baja capacidad portante, se determinaron ciertos puntos para obtener una mejora en el suelo aplicando un aglomerante como aditivo para la mejora de la subrasante con fines viales, donde se logró obtener la dosis eficiente para mejorar la subrasante en la carretera (Rodriguez Sanchez, 2019).

## Figura 2.

*Perfil del suelo*



**Nota:** (Rojas Foinquinos & Alva Hurtado, 2021)

### 1.3.6 Suelos cohesivos

El suelo se clasifica como cohesivo si la cantidad de finos (limo y material de tamaño de arcilla) excede el 50% en peso tienen la textura de granos finos, baja resistencia y fácilmente deformable, las partículas se adhieren en particularidad el suelo que provienen de 3 fuentes principales: cementación, atracción electrostática y electromagnética. Por lo tanto, las condiciones en las propiedades físicas mecánicas con cloruro de calcio, mayormente estos tipos de suelos son tratados con aglomerante como aditivo estabilizador, cumpliendo exigentemente la norma de mecánica de suelos (Castro Inga, Alexander., 2019).

La geometría del suelo tiende a la disposición de las partículas minerales que dependen únicamente a las características genéticas químicas y mineralógicas. Las estructuras de arcilla de suelo cohesivo tienen una gran importancia en el ámbito de la ingeniería geotécnica (Castro Inga, 2019).

### 1.3.7 Suelos arcillosos

Estos tipos de suelos presentan por su estructura un conjunto de partículas minerales muy pequeñas y tiene una textura de proporción fina con alto grado en arcillas (45%) en limo (30%) y en arena (25%). Teniendo en cuenta que tiene una baja porosidad evaluados a través de un programa de experimento de laboratorio, incluyeron compactación, por ello estos suelos tienen la facultad de carecer probabilidades de aireación, estas características mencionan suelos de difícil trabajabilidad, tiene un grado de viscosidad que alcanza una buena resistencia requerida (Turan et al., 2022).

Los suelos arcillosos pueden ser empleados en el ámbito de la construcción, siempre y cuando sea tratados mediante pruebas mecánicas en ensayos de granulometría por sedimentación, en términos generales el suelo arcilloso tiende a aumentar con el límite de contracción (Torres Lora L. A., 2019).

### 1.3.8 Estabilización de suelos.

La propiedad física de los suelos se transforma para aumentar propiedades de resistencia a largo plazo, siendo que estabilizar se logra aumentó en su capacidad de resistencia al corte y la capacidad de carga otorgada por el suelo Una vez estabilizado. Produciendo que la permeabilidad disminuya y reduce su resistencia del suelo, generando hinchamientos, congelación y descongelación. el potencial a contracción de un suelo, que puede cambiar el volumen dependiendo al contenido de humedad (Al-Baidhani & Al-Taie, 2021).

La estabilización de suelos tiene un proceso evaluativo donde su objetivo primordial es mejorar sus propiedades de resistencia a deformación, su función esencial es disminuir gradualmente la sensibilidad al agua, cambios de volumen rotundamente. Logrando su mejoría a través de medios mecánicos, químicos que se basan en reacciones puzolánicas para formar parte entre las partículas del suelo (Santiago, 2017).

El agente estabilizador tradicional de residuos en los suelos, se puede obtener buenos resultados ya que tiene una concentración del 25%, afectando así los porcentajes de granulometría de arcilla de los suelos, disminuyendo así los límites, otorgando así consecuencia en reacciones puzolánicas que permite aumentar la capacidad que tiene la subrasante con finalidad de lograr buenas estructuras en el ámbito vial (Vasquez & Gomez, 2019).

El uso potencial de este material de relleno de subbase de carreteras donde los suelos pueden ser tratados con residuos de ceniza de carbón como aglomerante, Por ende, puede mejorar los suelos en estado natural, eliminando costosas operaciones de remoción y remplazo, en cierta parte hay suelos expansivos que tienen la facultad de expandirse hasta un 10%, este cambio drástico de volumen puede producir fácilmente la fuerza suficiente para causar daños graves a una casa, edificio o carretera (Öntürk et al., 2022).

### **1.3.9 Tipos de estabilización de suelos**

#### **1.3.10 Estabilización mecánica**

Puede definirse como el proceso que va a mejorar sus propiedades tanto de resistencia como de estabilidad del suelo, sin que este cambie las propiedades mecánicas que posee las microestructuras de los materiales de relleno se investigaron en diferentes relaciones FA/CBA. Los valores aumentados de FA/CBA mejoraron el asentamiento, el rendimiento reológico, el tiempo de fraguado, la resistencia mecánica y el módulo elástico. Entre las principales metodologías se clasifican en mezclas de compactación, refuerzo geológico y remediación a sus propiedades mecánicas (Cheng et al., 2022).

#### **1.3.11 Estabilización química**

Es la metodología más extendida y antigua para mejorar el suelo, su proceso es mezclar el suelo con varias combinaciones mezcladas de polvo o cenizas, para mejorar la estabilidad, cuyas propiedades pueden ser mejoradas adoptando técnicas de estabilización química, que involucra el uso de polímeros o asociación

polimérica, el estudio es evaluar el comportamiento geotécnico de suelo adhiriendo esta sustancia como material para la pavimentación para carreteras, haciendo ensayos de compactación (CBR) ensayos de permeabilidad con proporciones que varían del 2% al 6%, dando como resultados reducción de la plasticidad, aumento de contenido óptimo de humedad, trajo mejoras significativas para el suelo (Machado et al., 2017).

### **1.3.12 Requisitos de estabilización de suelos**

El principal requisito es la resistencia adecuada depende al tipo de suelo a tratar mediante ensayos de laboratorio tienden a saber el porcentaje adecuado de cada tipo de suelo estabilizar, en algunos casos mejorando sus propiedades de resistencia a deformación con cambios de volumen, dando efectos positivos a la subrasante en el proceso de estabilización, tiende a hacer mezclado con residuos ceniza de carbón como aditivo incorporado. se utilizaron técnicas de observación y fichas de caracterización de suelos en laboratorio, donde influyó en el mejoramiento de subrasante (Longa Saavedra & Sánchez Pozo, 2021).

La estabilización permite reemplazar un suelo de baja calidad por otro estabilizado mejor, el estudio de suelos en laboratorio proporciona obtener el módulo esfuerzo – deformación, aumenta su resistencia y controla su estabilidad volumétrica. Los residuos de ceniza de carbón en suelos estabilizados, muestra que el suelo mejora sus propiedades aumenta en porcentajes de 4,8% y 10% (Paredes Minaya & Cabrera Nole, 2018).

La influencia del residuo de carbón como aglomerante estabilizador de suelo, se requieren muestras de campo para determinar su resistencia a través de los ensayos de laboratorio para en si evaluar el rendimiento del residuo a tratar. Los resultados que obtuvieron fueron propicios donde el índice de plasticidad disminuye a 0% teniendo un 10% de muestra natural (Rios Vilca & Neyra Vasquez, 2020).

La estabilización de suelos o tierra apisonada en el proceso constructivo es una técnica antigua que combina con métodos modernos, la cual propone mejorar

la resistencia. la durabilidad del suelo estabilizado se evaluó mediante un ensayo de erosión por aspersion que mostró su eficacia en la resistencia a la erosión (Raj et al., 2018).

### **1.3.13 Proceso de estabilización de suelos**

Comienza en laboratorio donde se analizan muestras de suelo para determinar cuánto modificador químico es necesario para estabilizar permanentemente el suelo, la prueba de PH Eades and grim (ASTM D 6276) se usa típicamente para determinar la cantidad de material necesario para descomponer y utilizar adecuadamente el suelo. Mediante aplicación de ceniza volante de carbón en suelos como aditivo estabilizador con el propósito de mejorar la subrasante, obteniendo resultados positivos al incluir estos aditivos en porcentajes adecuados logra una mejor estabilización (Chilcon Chilcon & Leon Polo, 2020).

En la estabilización de suelos nos permite determinar las cargas transmitidas por vehículos, por ello se estudió el comportamiento que transmite la ceniza en carbón para ensayos de resistencia al evaluar diferentes tipos de suelo, por lo tanto una vez determinada la tasa de aplicación, puede comenzar la estabilización de suelo en el sitio de construcción, primero el material se entrega al sitio, generalmente en camiones cisternas neumáticos, pero también se utiliza camiones volquetes según las necesidades del lugar del trabajo. Luego el material se esparce por todo el sitio, ya sea por camiones esparcidores o mecánicamente mediante excavadoras (Zuluaga Morales, 2017).

### **1.3.14 Ensayos de laboratorio**

### **1.3.15 Contenido de Humedad**

Los porcentajes de H<sub>2</sub>O, que presenta el suelo en la proporción de humedad viene hacer la unión de masa contenida de líquido y los espacios porosos del suelo, este material sólido en partículas expresa un porcentaje y se utiliza una gran

temperatura estándar de  $(110 \pm 5^\circ \text{C})$  para obtener la masa de la muestra (Nuñez Flores & Olivera Díaz, 2021).

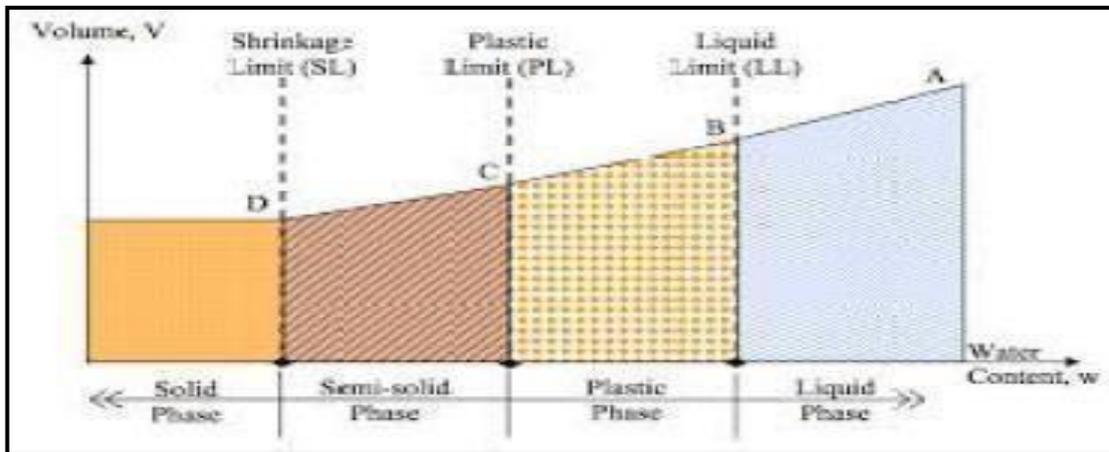
Todas las pruebas de suelo determinan el resultado del contenido humedad del suelo a tratar, el porcentaje de humedad da una idea al estado del suelo en el campo, es una de las propiedades de índice más importantes que se utiliza para la correlación del comportamiento del suelo y sus propiedades de índice, siendo así <sup>21</sup> la humedad del suelo se usa para expresar las relaciones de fase de agua, aire y los sólidos. Para los suelos arcillosos se utiliza la consistencia de un suelo dado, juntos a sus límites líquido y plásticos para expresar su consistencia relativa (Bazán Galarreta & Prado Holguín, 2021).

### 1.3.16 Limite de atterberg

Son una medida que sirve para determinar mediante ensayo diferentes tipos de suelo midiendo la cohesión del terreno, el límite atterberg es una forma económica y bien documentada de predecir las propiedades que contienen los suelos, entre ellos se tiene: límite plástico, límite líquido y límite de contracción, el efecto del límite líquido en suelo alcanza una resistencia de  $25\text{gr/cm}^2$  mientras el límite plástico su contenido de agua es menor, siendo que el límite de contracción en suelo húmedo se seca y contrae (Cedeño et al., 2018).

Los límites de atterberg, son el tamaño y su distribución sólida de las partículas dentro del suelo, la arcilla pura tendrá en la mayoría propiedades sólidas de menos de  $0,002\text{m.m}$  y el limo es de  $0.06$  a  $0,002\text{m.m}$  (aunque las definiciones exactas varían de un país a otro) en cambio si los tamaños de las partículas son menores entonces la humedad retendrá el suelo, donde el suelo arcilloso tendrá un PI más alto que un suelo limoso (Maluquis Perez & Zegarra Juarez, 2019).

**Figura 3.**  
*Atterberg limits*



**Nota:** (Cedeño et al., 2018)

### 1.3.17 Limite plástico (PI)

La prueba limite plástico se realiza enrollando una tierra humedad de arcilla o limo en forma de “gusano” de 3 mm. de diámetro a mano, luego moldea de nuevo la muestra en una bola y repite, cada vez que se enrolle el “gusano”, el porcentaje de humedad se reducirá debido a la evaporación del agua, el límite plástico se alcanza cuando el “gusano” se desmorona por primera vez al alcanzar los 3 mm. De diámetro, una vez que se ha producido este primer desmoramiento, se analiza el porcentaje de contenido de humedad. Se escribe anteriormente en BS 1377 – 2: 1990. por efecto contenido del porcentaje de la humedad es el límite plástico (Maquera Flores & Aquino Chura, 2021).

Los suelos tienden a cambiar de estado líquido a plástico, a esto se representa como contenido humedad, siendo estos métodos muy alternativos para poder determinar cuando el suelo realiza un cambio de estado, el método penetrómetro (NTP339,130) esta prueba podemos saber con seguridad el límite plástico (Ruiz Perales, 2020).

### 1.3.18 Limite liquido

Se mide por el método (copa casa grande) esto implica uso de equipos estandarizados para asegurar una medición consistente. Básicamente la prueba implica esparcir una muestra de suelo en una taza de tamaño estándar y luego cortar una ranura en el medio. A continuación, la copa se deja caer repentinamente lo cual se calcula por números de golpes dados. Es necesario que se cierre la ranura, una vez que la ranura se ha cerrado, se mide el contenido de muestra cómo, la cual se escribe anteriormente, en el procedimiento se repite y el número de gotas frente al contenido de humedad para cada prueba, se representa en un gráfico (Maquera Flores & Aquino Chura, 2021).

## 1.4 Formulación del problema

¿Cuáles serán los impactos que produce adicionando un %5, 10%, 15%, 20%, de ceniza de carbón para la Estabilización de suelos arcillosos con fines de pavimentación?

## 1.5 Justificación e importancia del estudio

### 1.5.1 Justificación social

La presente Investigación está enfocada a la reutilización de residuos industriales, ceniza de carbón, como material estabilizador de suelo arcillosos con fin de poder ver sus características mecánicas, que podrían ser utilizados en el ámbito de la construcción y en diferentes obras de carreteras en beneficio de la población.

### 1.5.2 Justificación económica

La presente justificación económica brindará un amplio panorama de la utilización del residuo industrial, cenizas de carbón, con el único fin de estabilizar suelos arcillosos para así evidenciar una alternativa económica en procesos de construcción y procesos de descontaminación.

### 1.5.3 Justificación técnica

A partir de la realización de ensayos en laboratorio, se analizará los efectos que causo añadir residuos industriales de ceniza de Carbón como nuevo aditivo para estabilizar suelo arcilloso, observar de este modo sus características mecánicas y la viabilidad como agente estabilizador de suelo arcilloso.

### 1.5.4 Justificación ambiental

Este aprovechamiento se vio reflejado directamente a la reducción del impacto ambiental, ya que este residuo cenizo de carbón es arrojado a la intemperie la cual será utilizado en esta presente investigación, se propone reciclarlos y reutilizarlos para la elaboración de estabilizadores de suelos arcillosos.

## 1.6 Hipótesis

El uso de Ceniza de Carbón con adiciones de un 5%, 10%, 15%, 20%, mejora significativamente la estabilización de suelos arcillosos con fines de pavimentación tratándose de un residuo industrial conduce a una nueva alternativa en el ámbito de la construcción.

## 1.7 Objetivos

### 1.7.1 Objetivos generales

Evaluar la aplicación de la ceniza de carbón como aditivo estabilizador en suelos arcillosos con fines de pavimentación.

### 1.7.2 Objetivos específicos

- a. Determinar las propiedades físicas de la ceniza de carbón.
- b. Determinar la composición química de la ceniza de carbón.
- c. Determinar las características físicas y mecánicas del suelo patrón.
- d. Determinar las características mecánicas del suelo patrón con adiciones de ceniza de carbón de 5%, 10%, 15%, 20%.
- e. Determinar el porcentaje que dio mejores resultados contenido de cenizas de carbón.

## II. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1 Tipos y diseño de la investigación

El tipo de investigación es de enfoque – cuantitativo con el fin de recoger información e indagación, para validar la Hipótesis planteada en la investigación con análisis estadístico para establecer las reglas del procedimiento y comprobar las teorías evaluadas.

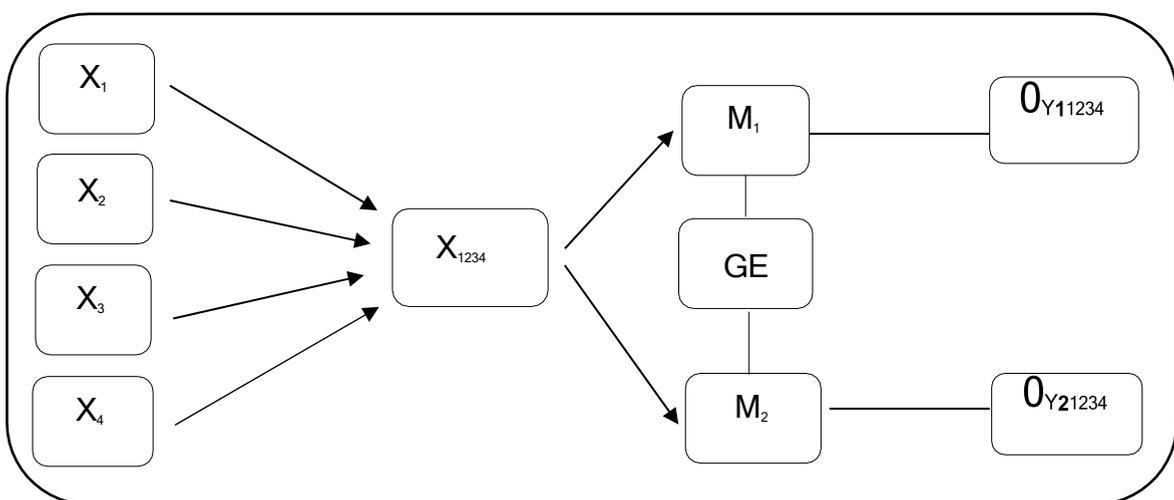
#### 2.1.1 Tipos de investigación

El tipo de investigación es de enfoque cuasi-experimental, lo cual se realizará diversos ensayos a las muestras obteniendo información del trabajo realizado por los investigadores e intentar cambiar una nueva alternativa que se pueda ser evaluado.

#### 2.1.2 Diseño de la investigación

Es aplicada a la Investigación – experimental la cual se evidenciará con diversos ensayos en laboratorio para analizar las muestras dadas y corroborar datos extraídos y poder procesarlas.

**Figura 4.**  
*Diseño de la investigación*



**Nota:** *Elaboración propia*

*Para más detalles ver **anexo N°05***

**6** **Tabla 1**  
*Diseño de investigación*

Grupo Experimental		GE
Variable Independiente	(X)	Ceniza de carbón
Variable Dependiente	(Y)	Estabilización de suelos arcillosos
Muestra		M
Medición de Muestra		OY

**Nota:** Elaboración Propia Nota.

Para más detalles Ver **Figura N° 5 Y 6**

**22** **2.2 Población y muestra**

**2.2.1 Población**

En esta investigación los pobladores beneficiados son 1253 pertenecientes al Pueblo Joven **10** Sagrado Corazón de Jesús, Sector Chapuce Bajo – distrito de La Victoria.

Está conformado por la vía Sagrado Corazón de Jesús desde el punto de partida (0+000) hasta el punto final en la habilitación Urbana Villa Flores (3+000).

**2.2.2 Muestra**

En esta investigación se proyectó una distancia de 3000 metros conformada por suelos arcillosos típico de la zona de estudio, en la cual se extrajo 6 puntos de exploración (calicatas), cada punto con una distancia de 500 metros.

**Tabla 2**

*Relación de extracción de muestras (calicatas)*

Ubicación	Relación de calicatas				Evidencia
	N° de Calicatas	Km	Cordenadas en GPS		
			Este	Norte	
	1	0+500	6267070	9247728	1.5
	2	1+000	626649	9247718	1.5
	3	1+500	626580	9247700	1.5
	4	2+000	626530	9247694	1.5
	5	2+500	626472	9247683	1.5
	6	3+000	626409	924767	1.5



**Nota:** *Elaboración propia.*

*Para mas detalles ver anexo 1.*

### 2.2.3 Muestreo

El muestreo se ha evaluado en el Pueblo Joven <sup>10</sup> Sagrado Corazón de Jesús, sector Chapuce Bajo – Distrito de La Victoria. Con la progresiva del km (0+000) hasta el punto final en la habilitación urbana villa flores (3+000) que tiene una longitud de 3 kilómetros de estudio.

Este estudio es realizado por conveniencia y no probabilístico según (Usos del Suelo y Medidas de Mitigación, 2003) menciona que tanto en la provincia de Chiclayo y Distrito la Victoria se consideran suelos netamente arcilla con una elevada plasticidad más predominantes y extensivos, ya que por su historia se catalogan como zona agrícola. Siendo que espesores varían de un lugar, estos suelos están propensos a fenómenos geodinámica externa que se presenta durante cualquier eventualidad climática produciendo hinchamiento y contracción.

## <sup>2</sup> 2.3 Variables operacionalización

### 2.3.1 Variable independiente

Ceniza de carbón

### <sup>13</sup> 2.3.2 Variable dependiente

Estabilización de suelo arcilloso

### 2.3.3 Operacionalización

**Tabla 3***Operacionalización de variables independientes*

<b>variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítem</b>	<b>Técnica e instrumento de recolección de datos</b>
Ceniza de Carbón	Incineración del residuo industrial de carbón	Dosificación	Cuantificar los porcentajes que se adicionarán al suelo arcilloso con la que se va a trabajar.	Norma Técnica Peruana NTP 400.022.2013
		Peso específico		Norma Técnica Peruana 331.017 y 331.019 Norma Técnica NTP 399.604

**Nota:** *Elaboración propia*

*Para más detalles ver **Tabla N°08***

**Tabla 4**

Operacionalización de variables dependientes.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Técnica e instrumento de recolección de datos Técnica
Estabilización de suelos arcillosos	Propiedades físicas y mecánicas resultantes del laboratorio	Contenido de humedad	Tipo de suelo	1 Ficha de granulometría por tamizado (MTC E 107 – 2000)
		Límite de atterberg	Humedad natural	Ficha de contenido de humedad (MTC E 108 – 2000)
		31 Límite plástico	Índice de plasticidad	Ficha de limite de atterberg (MTC E 110 – 2000/MTC E 111 – 2000)
		Proctor modificado	Densidad seca y humedad	Ficha de proctor modificado (MTC E 115 – 2000)
		Ensayo del CBR	Capacidad y resistencia del suelo	33 Ficha de california bearing ratio ASTM D-1883, AASHTO T-193 (MTC E 132 – 200)
Ensayo de permeabilidad	Propiedad del suelo en transmitir el agua y aire.	Carga constante NTP 339.147 – ASTM-D2434		

**Nota:** Elaboración propia Nota:

Para más detalles ver **Tabla N° 10 Y 11**

## 1 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1 Técnicas de recolección de datos

#### Observación

El método de investigación científica que más se adapta a mi estudio es el método inductivo, porque a partir de la observación me permite registrar la toma de datos de ensayos tanto biológico como mecánico, según (Hernández Sampieri, 2019) menciona que el proceso de la observación parte de un orden riguroso para definir algunas fases que derivan al objetivo y poder determinar el contexto del análisis de medición, esta técnica viene hacer el portador de las características que son objetos de estudio de la variables.

#### Análisis documentarios

Según la teoría relacionada a esta investigación cuyo propósito es el proceso sistemático que al adicionar el residuo cenizo de carbón como aditivo estabilizador en suelos arcillosos con el único objetivo de observar datos de resistencia contrastada en la hipótesis planteada. Se puede divisar los pasos que están dentro del método inductivo y la selección de fuentes confiables como artículo de revisión, artículo científico, normas vigentes, tesis en general (Hernández Sampieri, 2019).

### 1 2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

#### Observación

Son fichas técnicas para cada uno de los ensayos que se realizó partiendo de los parámetros requeridos según la resistencia se empleará formatos convenientes a cada estudio, utilizando el programa Microsoft Excel, la cual me permitirá registrar cada ensayo adquirido en laboratorio. para tener un orden preciso y coherente a todos los datos obtenidos, logrando de esta manera resultados confiables que van a servir de sustento en mi investigación.

#### Análisis documentarios:

2 Se emplea guías como las normativas NTP y ASTM que establecen especificaciones apropiadas y adecuadas para una mejor determinación de resultados confiables.

**Tabla 5***Instrumento de recolección datos de variable independiente.*

Tipo de ensayos		Instrumentos	Descripción del análisis
Ceniza de carbón	Determinaciones analíticas en calizas.	Método por Picnometría	Determinar la gravedad específica de la caliza, cal viva o cal hidratada
		Método Standard del SiO <sub>2</sub>	Determinar el %SiO <sub>2</sub> por diferencia de pesos.
		Método de Óxidos combinados (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> y Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Los cuales al ser calcinados forman sus respectivos óxidos
		Método Estandarizado	Reduce iones férricos a ferrosos usando al SnCl <sub>2</sub> como agente reductor
		Método de Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) por diferencia	Determinación previa de los óxidos combinados y del Fe
		Método Volumétrico	Método disolver el calcio presente utilizando un ácido inorgánico
		Método del Pirofosfato	Solución amoniacal bajo la forma de fosfato de amonio
		Determinación de la calidad de la cal	Capacidad para hidratarse en agua
		Determinación del cao o aprovechable	Solución de ácido estandarizado

**Nota:** *Elaboración propia.**Para más detalle ver **Tabla N° 08***

**Tabla 6***Instrumento de recolección datos de variable dependiente*

	<b>Tipo de ensayo</b>	<b>Descripción del análisis</b>
	Limite de Consistencia	Para caracterizar el comportamiento del suelo <sup>25</sup>
	Método de curado	Para apreciar el predominio de la temperatura y la humedad <sup>6</sup>
	Contenido de humedad	expresa la cantidad de agua en un material sólido en una base de masa seca o de una base de masa húmeda. <sup>9</sup>
	Análisis granulométrico	Clasificación de suelos
Estabilización de suelos arcillosos	Límite de atterberg	Son aquellos contenidos de agua en los cuales el comportamiento del suelo se modifica
	Contenido de sales	Mezcla entre algunos elementos químicos.
	Peso específico relativo de solidos	<sup>9</sup> Es una propiedad índice que debe determinarse a todos los suelos.
	Proctor modificado	<sup>11</sup> Determinar la relación densidad seca – humedad de compactación de los materiales.
	CBR	<sup>11</sup> Es un ensayo empírico que se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

**Nota:** *Elaboración propia**Para más detalles ver **Tabla N°11***

2 Para la recolección de datos y obtención de los resultados utilice formatos estandarizados por el laboratorio Rivelab para estudios físico y químicos de la ceniza de carbón, seguido por el laboratorio mecánica de suelos Fermati SAC constructora y servicios generales, y último ensayo de Permeabilidad en el laboratorio mecánica de suelos A&C exploración geotecnia y mecánica de suelos SRL para ello se adjuntará toda la evidencia de la investigación al final del documento como anexo.

Formatos estandarizados mecánica de suelos:

- ✓ Formato de laboratorio química de la ceniza de carbón.
- ✓ 28 Formato para contenido de humedad.
- ✓ Formato Análisis granulométrico.
- ✓ Formato de contenido de sales.
- ✓ Formato Límite de atterberg.
- ✓ Formato para Proctor modificado.
- ✓ Formato para CBR.
- ✓ Formato de permeabilidad.

Formatos estandarizados físicos y químicos de ceniza de carbón:

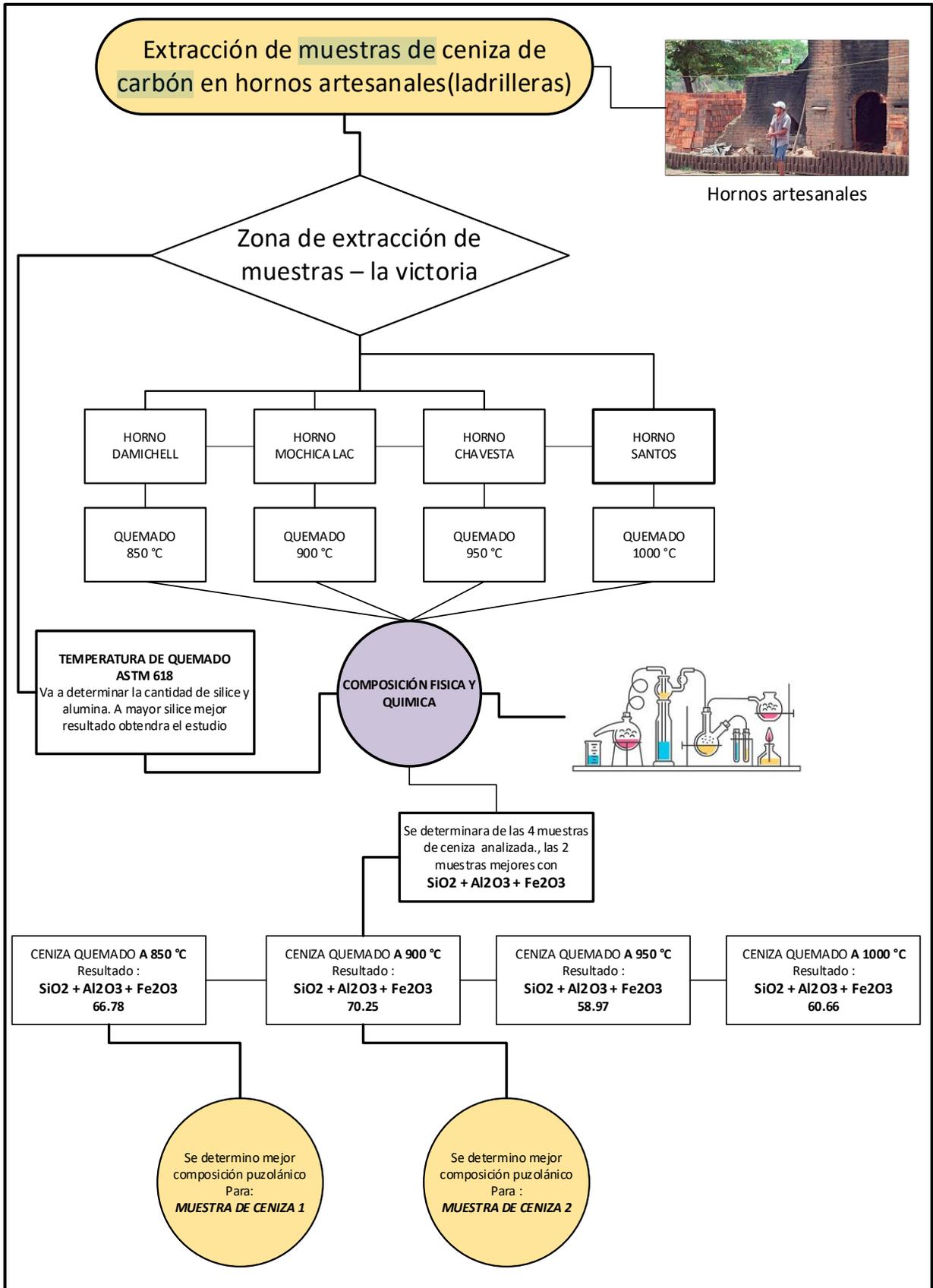
- ✓ Formato de determinación analíticas en calizas.
- ✓ Formato de densidad por picnometría.
- ✓ Formato de alúmina ( $Al_2O_3$ ) por diferencia.
- ✓ Formato de la sílice. método standard del ( $Si O_2$ ).
- ✓ Formato de óxidos combinados ( $Al_2O_3$  y  $Fe_2O_3$ ).
- ✓ Formato del  $Fe_2O_3$ . método estandarizado.

## 2 2.5 Procedimiento de análisis de datos

Para ello detallé mediante un flujograma con la descripción de mi proyecto de investigación.

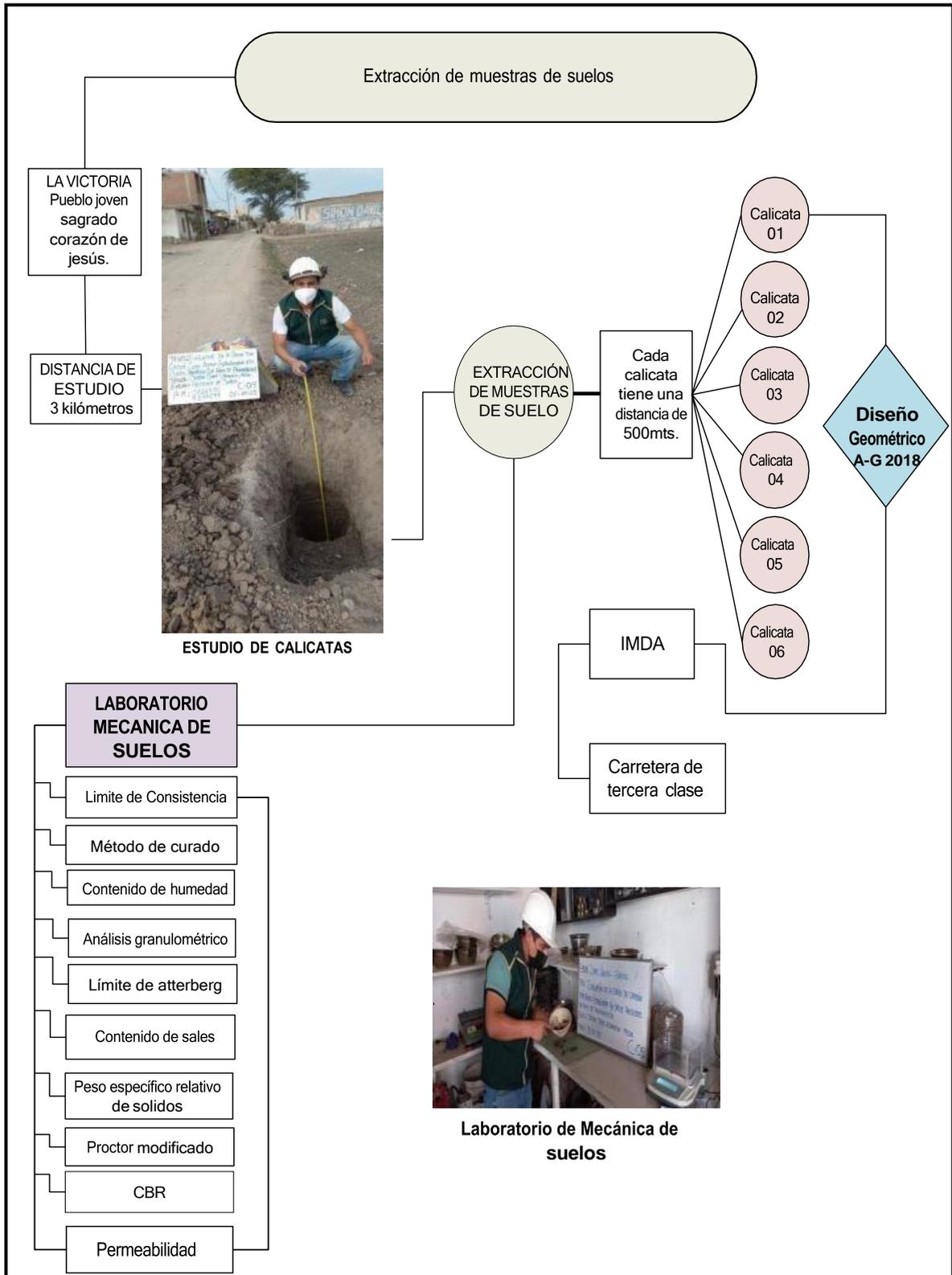
Figura 5

Extracción de muestras ceniza de carbón



**Figura 6**

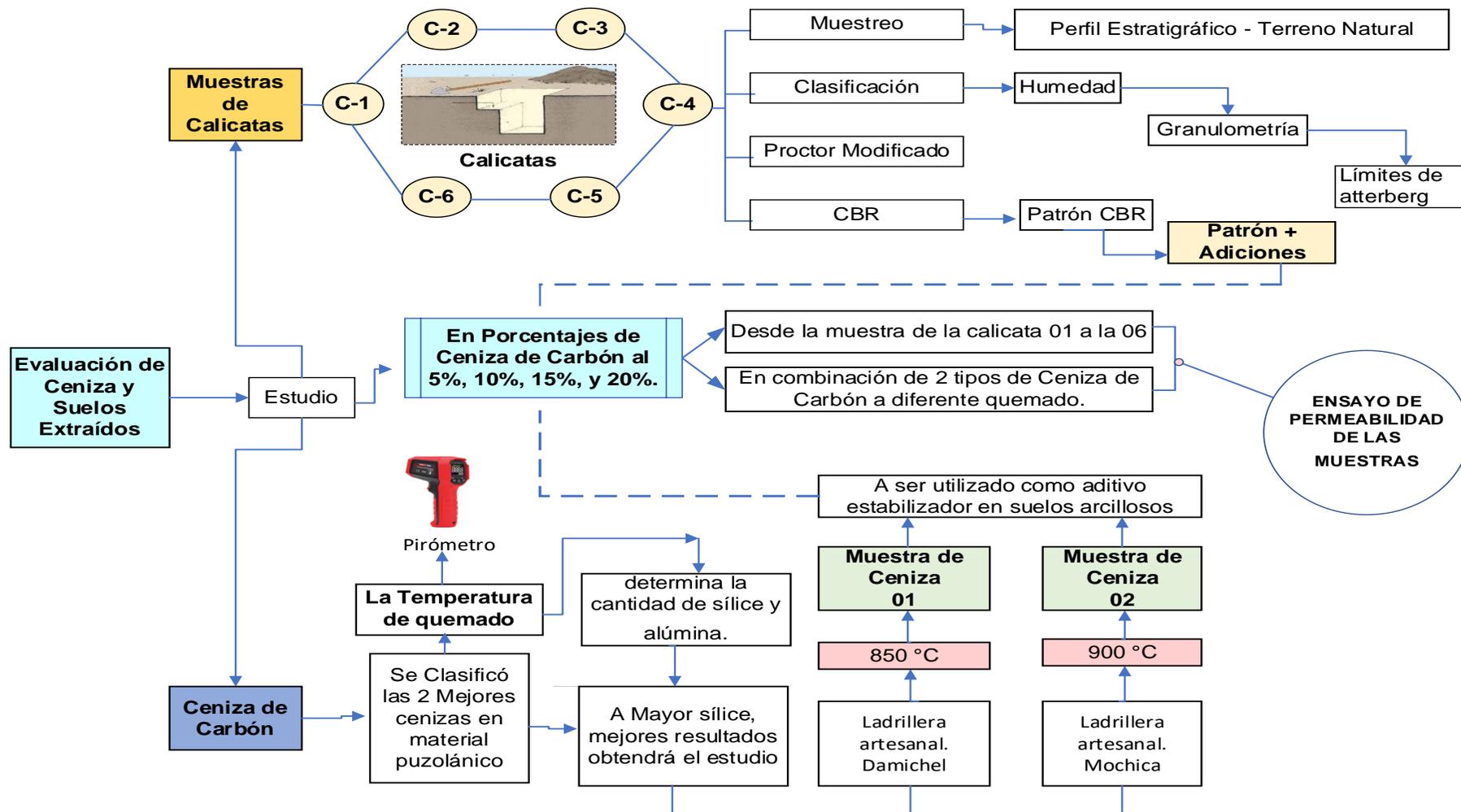
*Extracción de muestras de suelo.*



**Nota:** Elaboración propia

**Figura 7**

*Evaluación de ceniza y suelos extraídos*



**Nota:** Elaboración propia

## **2.6 Criterios éticos**

Esta investigación que viene avanzando de manera secuencial, siguiendo un formato otorgado por la casa de estudios USS, donde se extrajo mucha información de tesis realizadas tanto mundial y nacional, con tanto con revistas indexadas como científicas y de revisión gracias a estas bases fundamentales se pudo complementar esta investigación.

Con el único propósito de evitar plagio en información realizadas de otras tesis, información que será expuesta antes profesionales especialistas, asesores, jurado evaluador, para ser valides esta investigación dada.

## **2.7 Criterios de rigor científico**

Esta presente tesis tiene seguimiento de un especialista que viene revisando constantemente para la elaboración de esta investigación. La cual plasma de información muy valiosa de trabajos ya comprobados y sustentados anteriormente para darle esa calidad de interpretación e investigación que vengo realizando para la elaboración de este estudio (Hernández Sampieri, 2019).

### **Credibilidad**

La validez interna de este estudio se ve reflejado y garantizado a través del pensamiento y mediante recopilación de información que ofrece la USS permitió avanzar a paso lento y muy seguro de procesar datos de calidad en lo cual se ve reflejado mediante textos, cuadros, figuras, tablas de cálculo realización de ensayos de laboratorio mecánica de suelos (Hernández Sampieri, 2019).

### **Aplicabilidad**

La validez externa de este estudio garantiza la legitimidad que vengo realizando mediante laboratorios mecánica de suelos autorizados y certificados por el ente de la supervisión asignada para la culminación de este proyecto de investigación (Hernández Sampieri, 2019).

## **Objetividad**

Este criterio promete alcanzar y analizar el objetivo que se planteó inicialmente en este estudio, seguido a procedimientos hechos en laboratorio con el fin de mejorar las propiedades que ofrece estas variables en fenómeno u objeto de investigación (Hernández Sampieri, 2019).

## **Confiabilidad**

Esta presente tesis permite transmitir información adquirida de fuentes indexadas para poder así plantear ideas mediante a ensayos y dar prueba de fé con lo expuesto en la investigación, se realizó en base a criterios y parámetros según el reglamento de edificaciones seguido con las normas técnicas referente a este estudio (Hernández Sampieri, 2019).

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Referente al primer objetivo en resultados en tablas y figuras

##### 3.1.1 Sobre las propiedades físicas de las cenizas de carbón, se tiene:

La presente investigación exhaustiva está enfocada a la recolección de residuos industriales de ceniza de carbón, la muestra se extrajo de 4 diferentes puntos del distrito de la victoria con el fin de diferenciar a través de procesos de estudio físicos – químicos y obtener la mejor composición puzolánico.

**Tabla 7**

*Recolección de ceniza de carbón de diferentes industrias ladrilleras*

Ladrilleras artesanales - Puntos de extracción de muestras				
Nombre de ladrilleras	Temperatura	Coordenadas UTM		Referencia
		Este	Norte	
Damichell	850°C	625413	- 755937.73	Carretera Monsefú km3.5 - segundo drem.
Mochica	900°C	626154	- 755501.32	Carretera Monsefú km3 - frente al restaurante Bungalow del tío Sam.
Francisco Chavesta	950°C	625426	- 756746.14	Carretera Monsefú km6 - pópame.
Santos Chavesta	1000°C	625258	- 756718.29	carretera Monsefú km6.5 - Cuarto drem.

**Nota.** <sup>1</sup> *Elaboración propia*

Como se visualiza en la tabla 7 los diferentes puntos de ladrilleras a diferente temperatura cada uno de ellas en el mismo sector del Distrito de victoria.

**Figura 8.**

*Recolección de muestra de ceniza de carbón*



**Nota:** *Elaboración propia*

Podemos observar en la fig.8 los diferentes puntos de extracción de ceniza de carbón en 4 tipos de ladrillera diferente.

### 3.1.2 Respecto a las Propiedades físicas, se tiene

En su composición física de las 4 muestras ceniza de carbón a diferente temperatura de quemado y tamizado por la maya N°200 - según la norma ASTM D 3174 se puede visualizar a simple vista su: tamaño, granulometría, textura superficial. Pasando por el tamiz N°200 obteniendo un 80% retenido en tamiz N°100 y un 20% en el tamiz N°200.

**Tabla 8**

*Composición físico químico de las 4 muestras de ceniza carbón*

Ceniza de carbón	Temperatura	Tamiz N°	Color	Peso específico gr/cm <sup>3</sup>	Humedad	Perdida de calcinación en %
C - 1	850° C	200	Negro oscuro	2,2 y 2,8	2.14	3.8
C - 2	900° C	200	gris claro	2,2 y 2,8	1.59	3.0
C - 3	950° C	200	blanco oscuro	2,2 y 2,8	1.61	2.05
C - 4	1000° C	200	blanco claro	2,2 y 2,8	1.55	1.89

**Nota:** *Elaboración propia*

Las 4 muestras de ceniza de carbón a temperatura diferentes. Mediante más temperatura tenga ira cambiando su contextura, forma, color y resistencia, obteniendo resultados esperados a temperatura de 900°C y 850°C los más óptimos en óxido de magnesio y óxidos combinados.

## Figura 9

### *Muestras en laboratorio*



**Nota:** *Elaboración propia*

Como se aprecia en la fig.9 el proceso químico que se está haciendo con la muestra ceniza de carbón quemada a diferentes de temperaturas de 850°C-900°C-950°C-1000°C, extraída de diferentes puntos de hornos de ladrillera del Distrito de la Victoria.

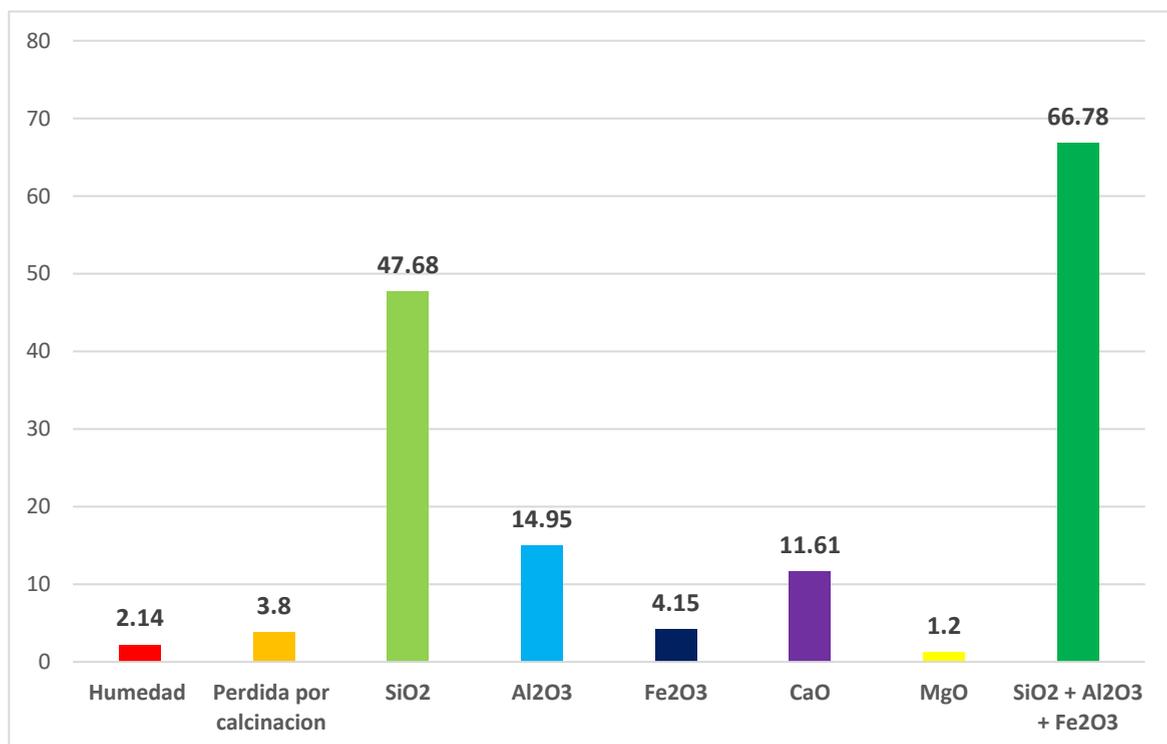
### 3.1.3 Al evaluar la composición química de la ceniza de carbón

#### Clasificación de cenizas de carbón

para poder clasificar y obtener la mejor ceniza de carbón en su proceso químico, se estudió 4 puntos de extracción de muestra en diferente proceso de quemado, con el fin de obtener el mejor  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

**Figura 10.**

*Resultado para ceniza de carbón a temperatura de 850°C*

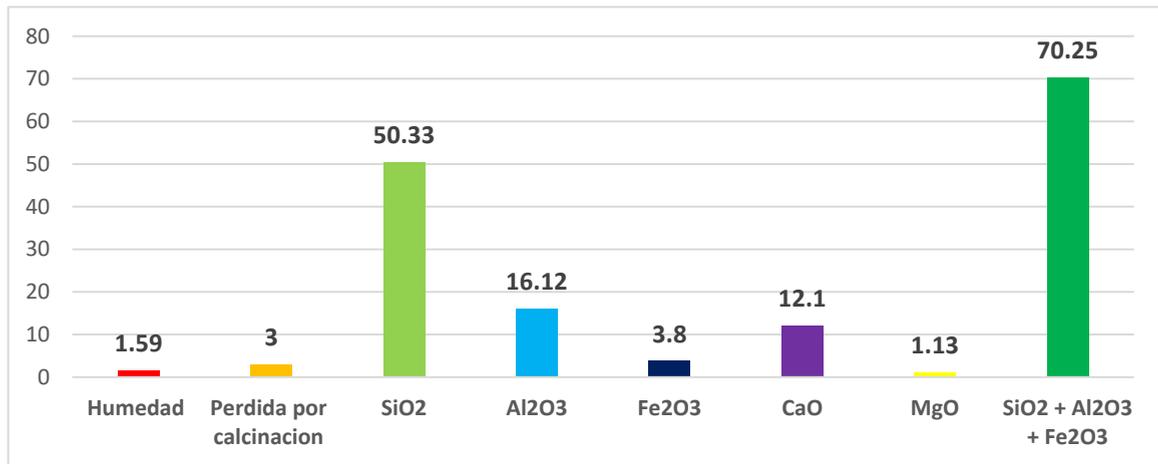


**Nota:** *Elaboración propia*

Según el grafico, el análisis químico de la ceniza de carbón, a partir de la calcinación a temperatura de 850°C, eso implica oxido de magnesio y comprende 66.78% de óxidos combinados.

**Figura 11.**

*Resultados para ceniza de carbón a temperatura de 900°C*

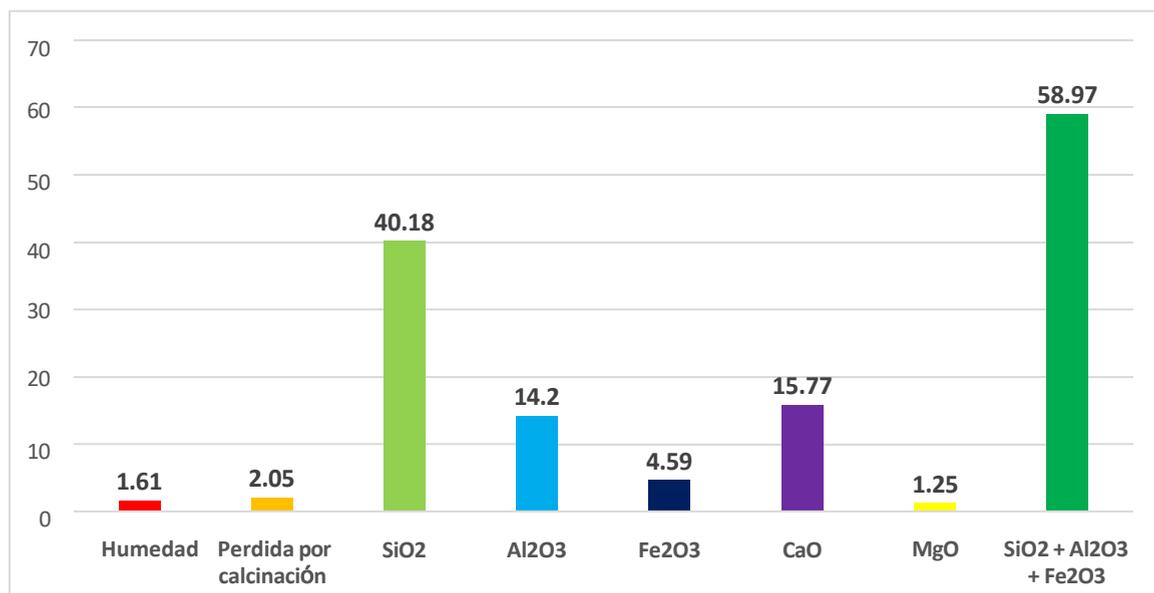


**Nota:** *Elaboración propia*

Según el análisis químico se da a una temperatura de quemado de 900°C arrojo la composición de óxido de magnesio y comprende un 70.25% de óxidos combinados.

**Figura 12.**

*Resultados para ceniza de carbón a temperatura de 950°C*

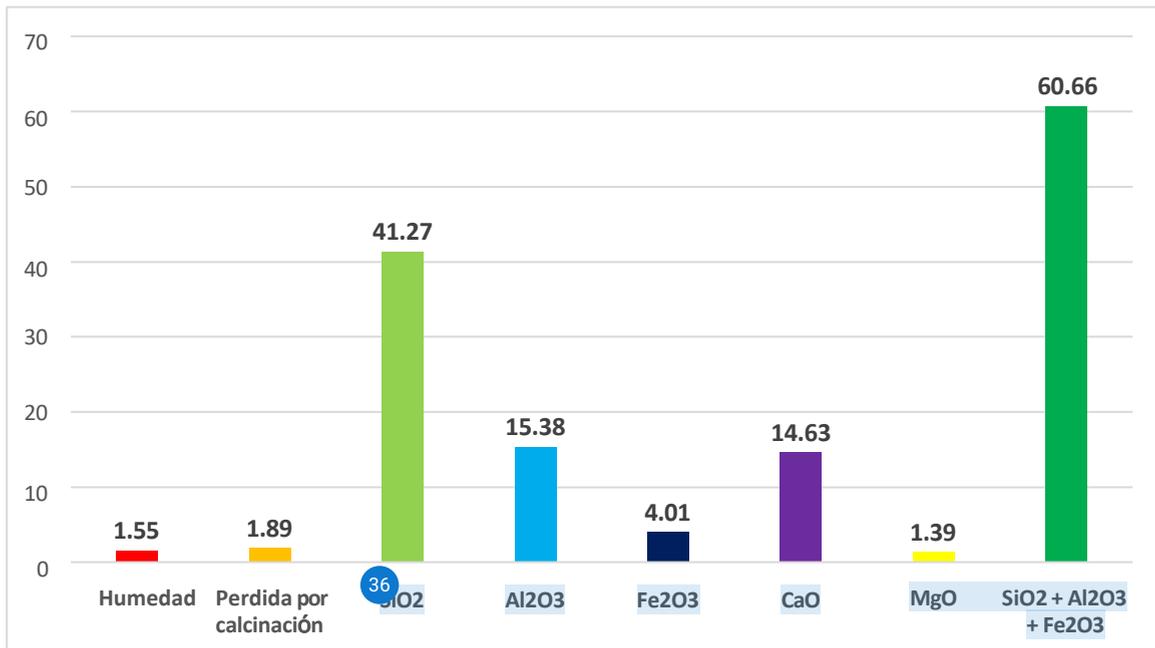


**Nota:** *Elaboración propia*

Según el análisis químico de la ceniza de carbón a temperaturas de 950° c arrojo una composición de óxido de magnesio y comprende 58.97 de óxidos combinados.

**Figura 13.**

*Resultados para ceniza de carbón a temperatura de 950°C*



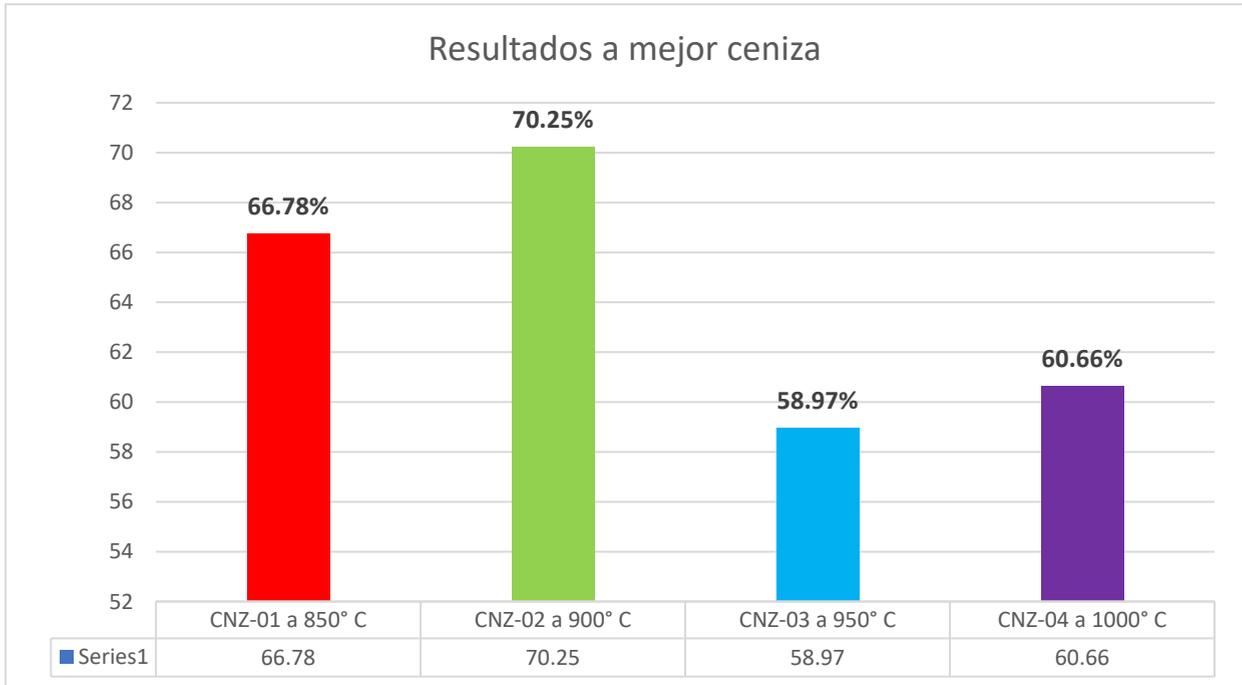
**Nota:** *Elaboración propia*

Según el análisis químico que muestra el gráfico <sup>2</sup> la ceniza de carbón a temperatura de 1000° C arroja la composición de óxido de magnesio y contiene 60.66 de óxidos combinados.

### 3.1.4 Referente al porcentaje que dio mejores resultados contenido de cenizas de carbón

**Figura 14.**

resumen general de las muestras químicas ceniza de carbón.



**Nota:** Elaboración propia

Según el análisis se detalla en el gráfico las muestras de estudio, siendo los 2 mejores resultados a temperatura de 900°C con un 70.25% y a temperatura de 850° C con un 66.78%, material puzolánico.

**Tabla 9**

Resultado general de la muestra ceniza de carbón

LA VICTORIA - INDUSTRIAS LADRILLERAS				
Zona de Extracción de Muestras	Determinaciones químicas	Resultados	Adición de Cenizas	Temperatura de Quemado
DAMICHELL CL-M 1	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	66.78%	?	850 °C
MOCHICA CL-M2	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70.25	?	900 °C

**Nota:** Elaboración propia

### 3.1.5 Referente a las características físicas y mecánicas del suelo patrón

**Tabla 10**

*Clasificación del suelo natural mediante ensayos*

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	NORMA TECNICA	PROPOSITO DE ENSAYO	CANTIDAD
3 Contenido de humedad natural	Clasificación	339.127 ASTM D 2216	Hallar el contenido de los suelos	6
Análisis Granulométrico por tamizado	Clasificación	339.128 ASTM D 422	Determinar la distribución del tamaño de las partículas del suelo	6
límite líquido	Clasificación	339.129 ASTM D 4318	Hallar el contenido del agua entre los estados líquido y plásticos.	6
límite plástico	Clasificación	339.129 ASTM D 4318	Hallar el contenido del agua entre los estados plásticos y semi sólidos.	6
Contenido de sales solubles	Clasificación	339.152 ASTM D 1888	Mezcla de elementos Químicos	6
Clasificación de Suelos SUCS	Clasificación	339.134 ASTM D 2487	Clasificación de suelos en el sistema unificado	6
Clasificación de Suelos AASHTO	Clasificación	339.135 ASTM M 145	Divide los suelos inorgánicos en grupos	6
Proctor Modificado	Procedimiento de Compactación	339.141 ASTM D 1557	Determina un óptimo contenido de humedad	54
California Bearing Ratio CBR	Diseño de espesores	339.145 ASTM D 1883	Determina la capacidad de soporte del suelo, permite inferir el módulo resiliente	54

**Nota:** Elaboración propia.

Para más detalles ver **anexo N°05**

**Tabla 11**

*Resumen de muestras de suelo natural*

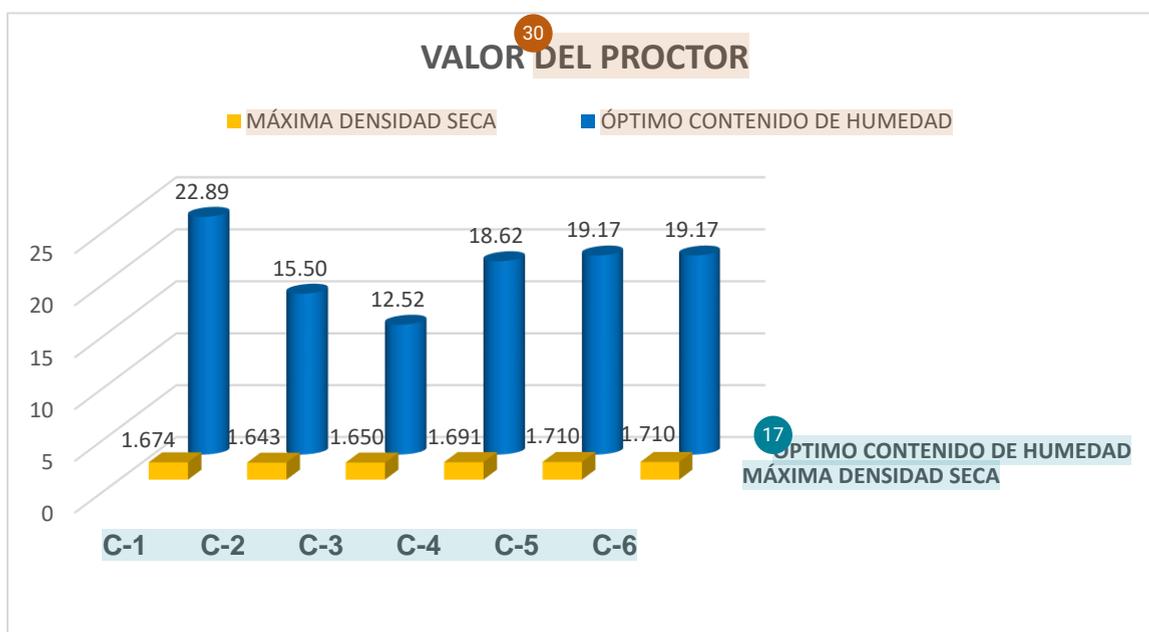
Calicata	Progresiva	% Arcilla y limo	Contenido de humedad	Límite de atterberg			Clasificación		Descripción del suelo
				Límite líquido	Límite plástico	Índice plástico	SUCS	AASHTO	
C-1	0+000	91.1	17.6	47.98	13.44	34.54	CL	A-7-6 (13)	Arcilla de baja plasticidad con arena
C-2	0+500	54.5	10.2	34.04	17.79	19.2	CL	A-6 (8)	Arcilla de baja plasticidad
C-3	1+000	79.2	13.7	33.73	14.72	19.01	CL	A-6 (12)	Arcilla de baja plasticidad con arena
C-4	1+500	93.2	19.1	35.26	14.49	20.78	CL	A-6 (13)	Arcilla de baja plasticidad con arena
C-5	2+000	94.5	12.5	47.76	12.14	35.62	CL	A-7-6 (13)	Arcilla de baja plasticidad
C-6	2+500	91.4	26.4	47.39	13.73	33.61	CL	A-7-6 (13)	Arcilla de baja plasticidad

**Nota:** <sup>19</sup> *Elaboración propia*

En la tabla se visualiza desde la calicata 01 a la 06 los resultados de cada punto del suelo analizar, primeramente se hizo los ensayos adecuados como granulometría seguido de la norma establecida NTP- 339.128/ASTMD-422 permite determinar el contenido de arcilla y limo presente en la calicata numero 05 la cual dio un 94.50 % a diferencia de las otras calicatas analizadas, seguido con el contenido de humedad arrojando en la calicata 06 un gran porcentaje del 26.4%, en el ensayo de limite de atterberger concerniente al <sup>3</sup> contenido de humedad el suelo se comporta como un producto plástico, ya que el suelo tiende a cambiar su vértice al interactuar un fluido viscoso. Dando como resultados <sup>18</sup> en la calicata 1 con un límite liquido un de 47.98%, un límite plástico de 13.44% y un índice plástico de 34.54%, determinando <sup>2</sup> en su descripción del suelo como arcilla de baja plasticidad, tipo de suelo CL clasificándose en AASHTO A-6(13).

**Figura 15.**

*Valor del Proctor en suelo natural*



**32** *Nota: Elaboración propia.*

Como se muestra en el gráfico, la MDS es de 1.674g/cm<sup>3</sup>, y OCH de 22.89%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

**Tabla 12**

*Determinación del CBR*

Numero de calicatas	Densidad seca	CBR	
		2.54 cm.	5.08 cm.
C-1	1.673g/cm <sup>3</sup>	2.20%	2.10%
C-2	1.618g/cm <sup>3</sup>	3.40%	3.30%
C-3	1.652g/cm <sup>3</sup>	3.50%	3.30%
C-4	1.711g/cm <sup>3</sup>	4.30%	4.00%
C-5	1.713g/cm <sup>3</sup>	4.80%	4.70%
C-6	1.710g/cm <sup>3</sup>	2.70%	3.10%

**Nota: Elaboración propia**

Como se visualiza en el gráfico desde la calicata 1 hasta calicata número 6 con resultados diferentes, a excepción de la calicata numero 5 arrojando una MDS es de 1.713g/cm<sup>3</sup>, perteneciente a la clasificación

AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad y un CBR de penetración, arrojando resultados uniformes de 1,2 mm por minuto.

**Tabla 13**

*Valor del CBR de penetración*

Numero de calicatas	Valor del CBR de Penetración		
	C.B.R. al 100 %	0.1"	0.2"
	C.B.R. al 95 %	2.54 cm.	5.08 cm.
C-1	C.B.R. al 100 %	2.20	2.10
	C.B.R. al 95 %	2.60	2.30
C-2	C.B.R. al 100 %	3.40	3.30
	C.B.R. al 95 %	2.80	2.80
C-3	C.B.R. al 100 %	3.50	3.30
	C.B.R. al 95 %	3.20	3.00
C-4	C.B.R. al 100 %	4.30	4.00
	C.B.R. al 95 %	2.60	2.70
C-5	C.B.R. al 100 %	4.80	4.70
	C.B.R. al 95 %	4.10	3.80
C-6	C.B.R. al 100 %	2.70	3.10
	C.B.R. al 95 %	2.20	2.40

**Nota.** <sup>1</sup> *Elaboración propia*

En la tabla, nos muestra. valor del CBR de penetración desde la calicata 1 hasta la calicata 6 nos da resultados aleatorios como se visualiza en la tabla,

### 3.1.6 Sobre la Determinación <sup>1</sup> las propiedades mecánicas del suelo patrón con adiciones de 2 tipos Ceniza de Carbón al 5%, 10%, 15%, y 20%

#### Proctor modificado

Para la extracción de muestras realizadas en La Victoria (arcillas), normales con porcentajes de adición al 5%, 10%, 15%, y 20% de ceniza de carbón. se observó para todos los casos aumenta y disminuye la MDS y OCH, a otras propiedades que presenta este residuo cenizo volante de carbón.

Resultados de calicatas patrón más adición de muestra de carbón en ceniza 1 a temperatura de 850°C y ceniza 2 a una temperatura de 900°C al porcentaje de 5%, 10%, 15%, y 20%.

#### Suelo patrón calicata 1

El suelo patrón calicata 1, dando <sup>7</sup> una MDS de 1.674g/cm<sup>3</sup>, y OCH de 22.89%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

#### Calicata 1 – M1 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%

Se muestra el suelo patrón más ceniza de carbón, obteniendo el 5.70% como resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 5% de adición, con <sup>4</sup> una MDS de 1.694g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 19.79%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

#### Calicata 1 – M2 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%

Para la calicata 1 se muestra el suelo patrón, obteniendo el 7.30% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 15% de adición, con <sup>4</sup> una MDS de 1.609g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 11.54%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

### **Suelo patrón calicata 2**

Da una MDS de 1.643g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 15.50%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

### **Calicata 2 – M1 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%**

Nos muestra como resultado el contenido del 5.30% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 15% de adición, con una MDS de 1.643g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 15.50%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

### **Calicata 2 – M2 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%**

Siendo los resultados al 4.30% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 20% de adición, con una MDS de 1.634g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 16.09%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

### **Suelo patrón calicata 3**

Con los ensayos efectuados nos da una MDS de 1.650g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 12.52%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(12) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad con arena.

### **Calicata 3 – M1 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%**

Se muestra el suelo patrón más ceniza de carbón, obteniendo el 5.20% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 20% de adición, con una MDS de 1.688g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 15.82%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(12) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad con arena.

### **Calicata 3 – M2 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%**

Luego de obtener los resultados mostrados en la calicata 3 más con combinación de ceniza muestra 2, obteniendo el 5.22% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 20% de adición, con una MDS de 1.692g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 1598%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(12) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad con arena.

### **Suelo patrón calicata 4**

Ofrece una MDS de 1.691g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 18.62%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(12) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad con arena.

### **Calicata 4 – M1 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%**

La calicata 1 – M1 al 5 %, 10%, 15%, y 20%, con una temperatura de quemado a 850°C, y diferente muestra de ceniza carbón, pero a una sola muestra de suelo patrón, obteniendo el 6.00% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 20% de adición, con una MDS de 1.769g/cm<sup>3</sup>, con OCH de 12.29%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(12) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad con arena.

### **Calicata 4 – M2 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%**

Logrando un efecto al 5.70% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 20% de adición, con una MDS de 1.769g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 12.29%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(12) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad con arena.

### **Suelo patrón calicata5**

Para este tipo suelo en la victoria, un <sup>4</sup>MDS de 1.710g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 19.17%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

### **Calicata 5 – M1 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%**

Para estas calicatas nos da un 7.60% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 10% de adición, con una MDS de 1.688g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 14.77%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

### **Calicata 5 – M2 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%**

Obteniendo el 6.20% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 5% de adición, con un <sup>4</sup>MDS de 1.779g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 14.65%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

### **Suelo patrón calicata 6**

Con un <sup>4</sup>MDS de 1.710g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 19.17%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad

### **Calicata 6 – M1 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%**

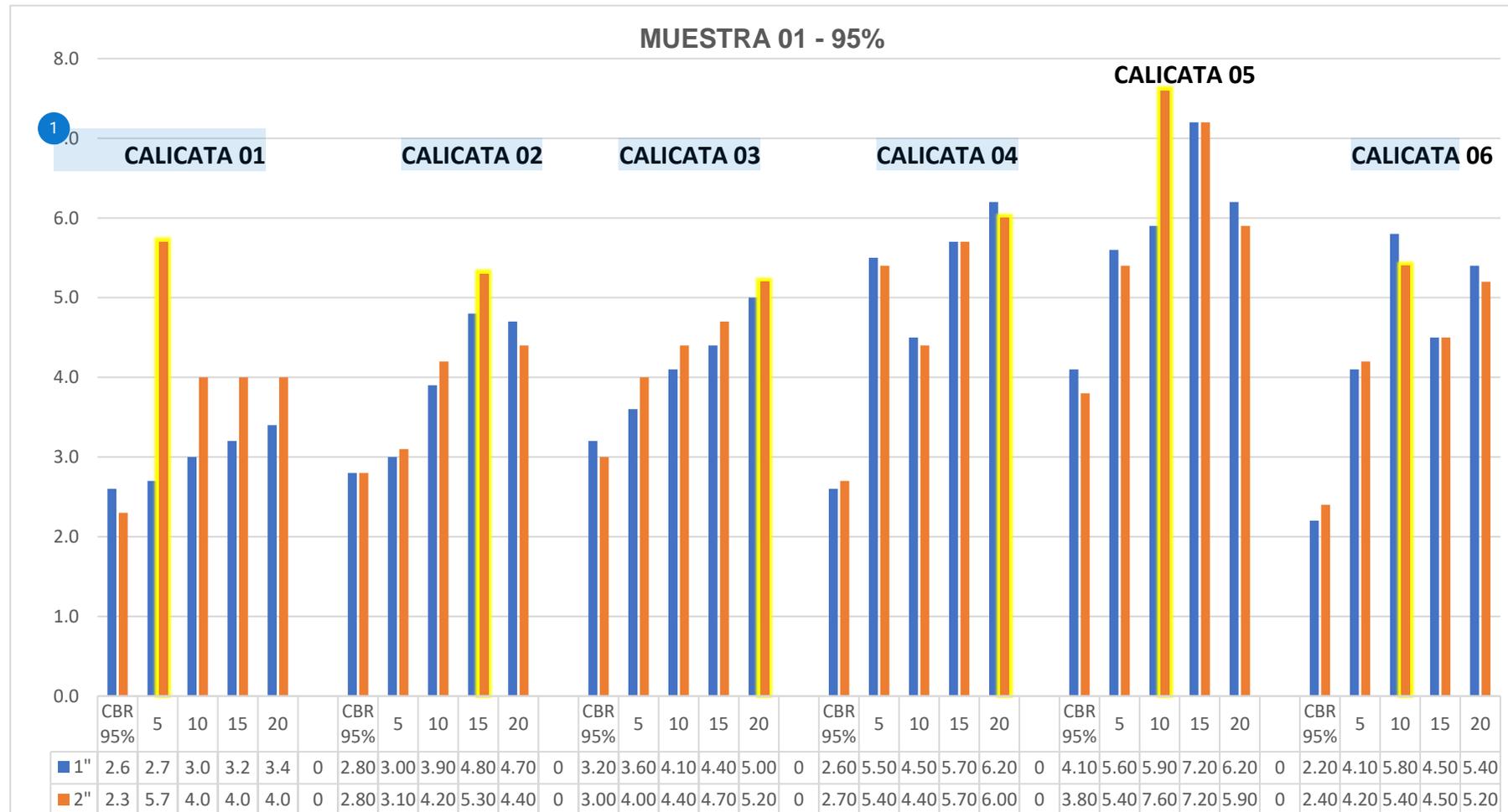
Con las combinaciones nos muestra un 5.40% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 10% de adición, con un <sup>4</sup>MDS de 1.695g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 16.04%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

**Calicata 6 - M2 al 5 %, 10%, 15%, Y 20%**

Para esta última calicata nos muestra un 5.20% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 20% de adición, con una MDS de 1.663 g/cm<sup>3</sup>, con un OCH de 13.39%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7-6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

**Figura 16**

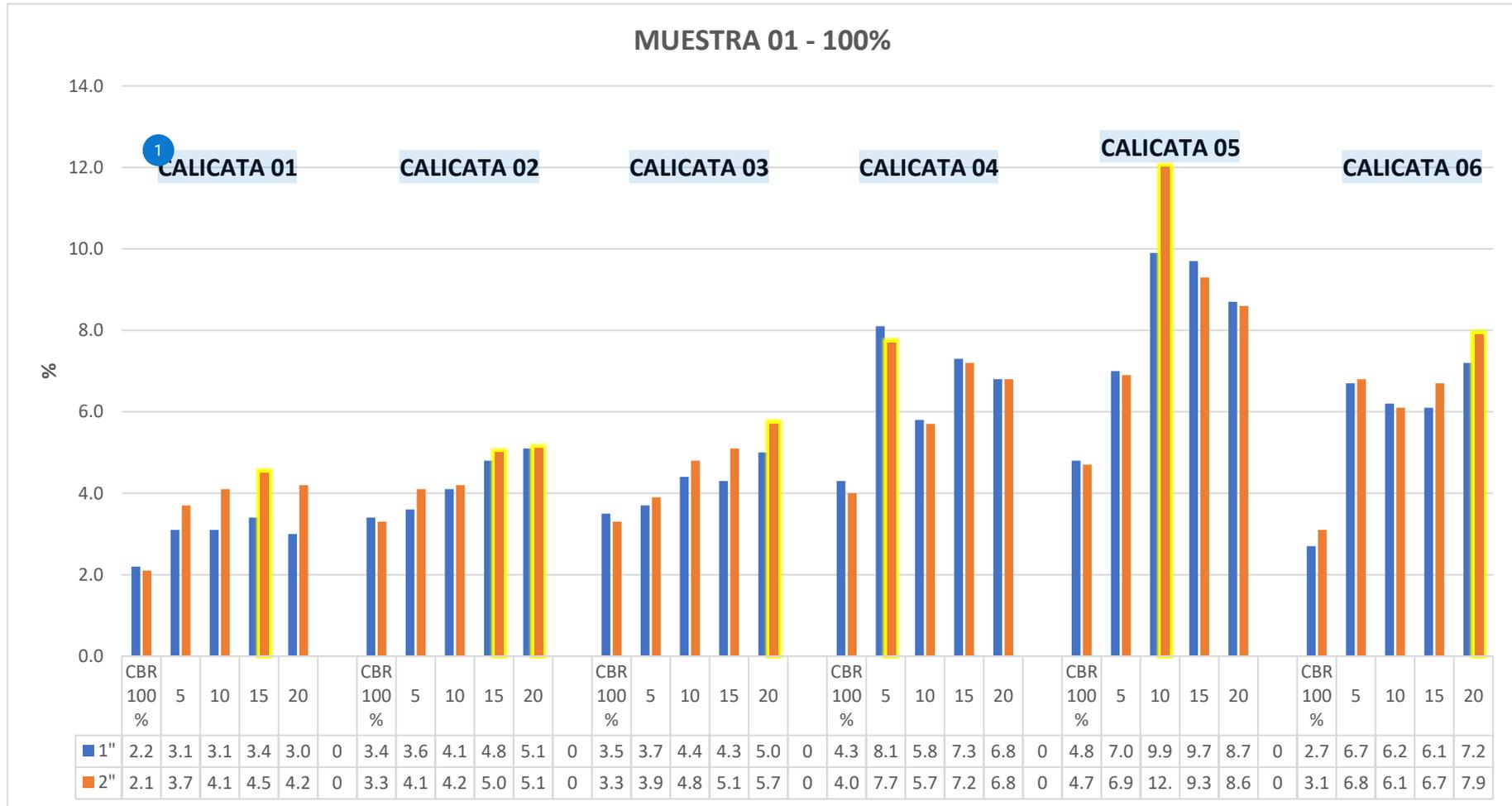
Resultado de las muestras en suelo patrón - ceniza 1 al 95%.



**Nota:** Elaboración propia.

**Figura 17**

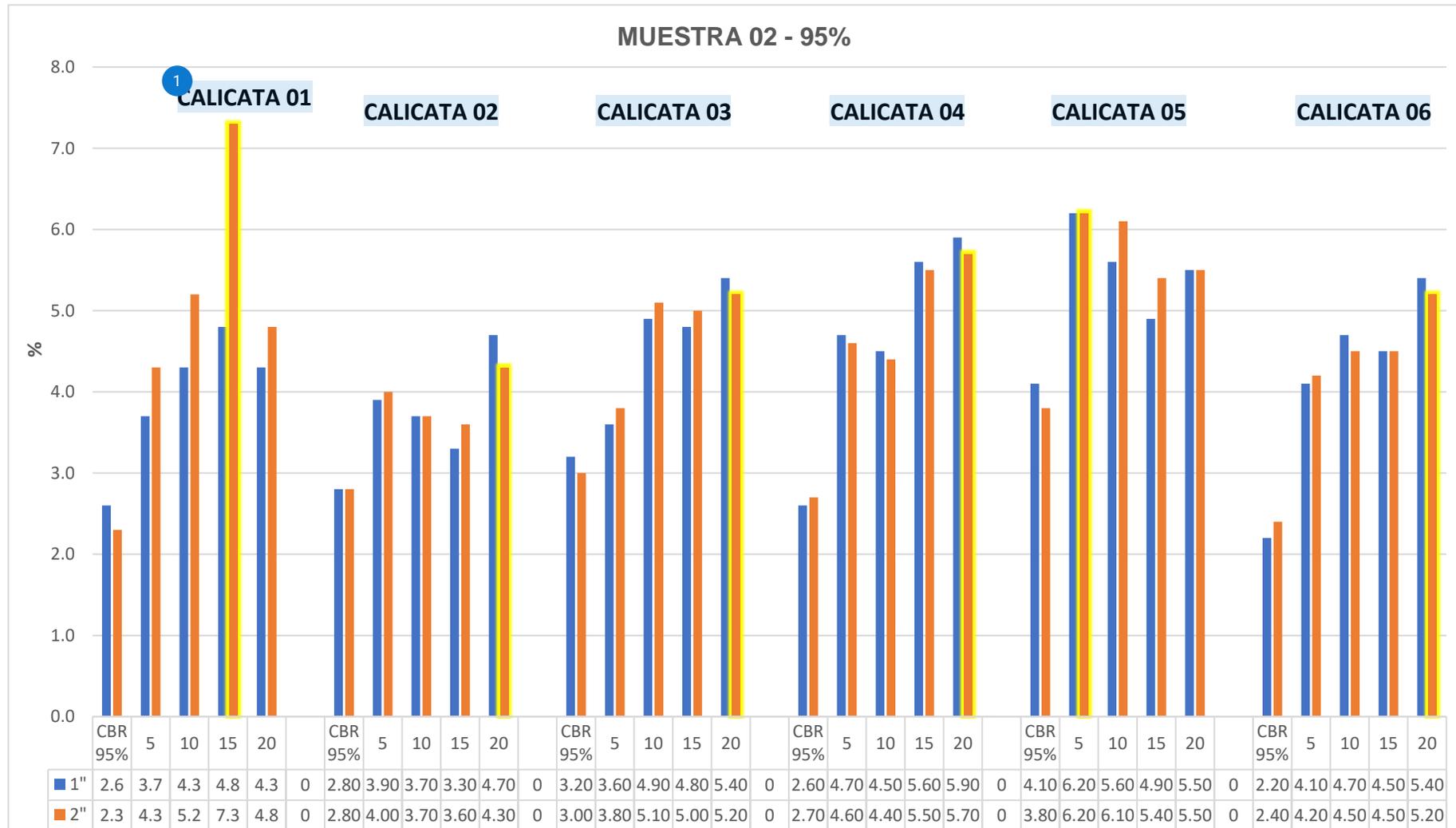
*Resultado de las muestras en suelo patrón - ceniza 1 al 100%.*



**Nota:** *Elaboración propia.*

**Figura 18.**

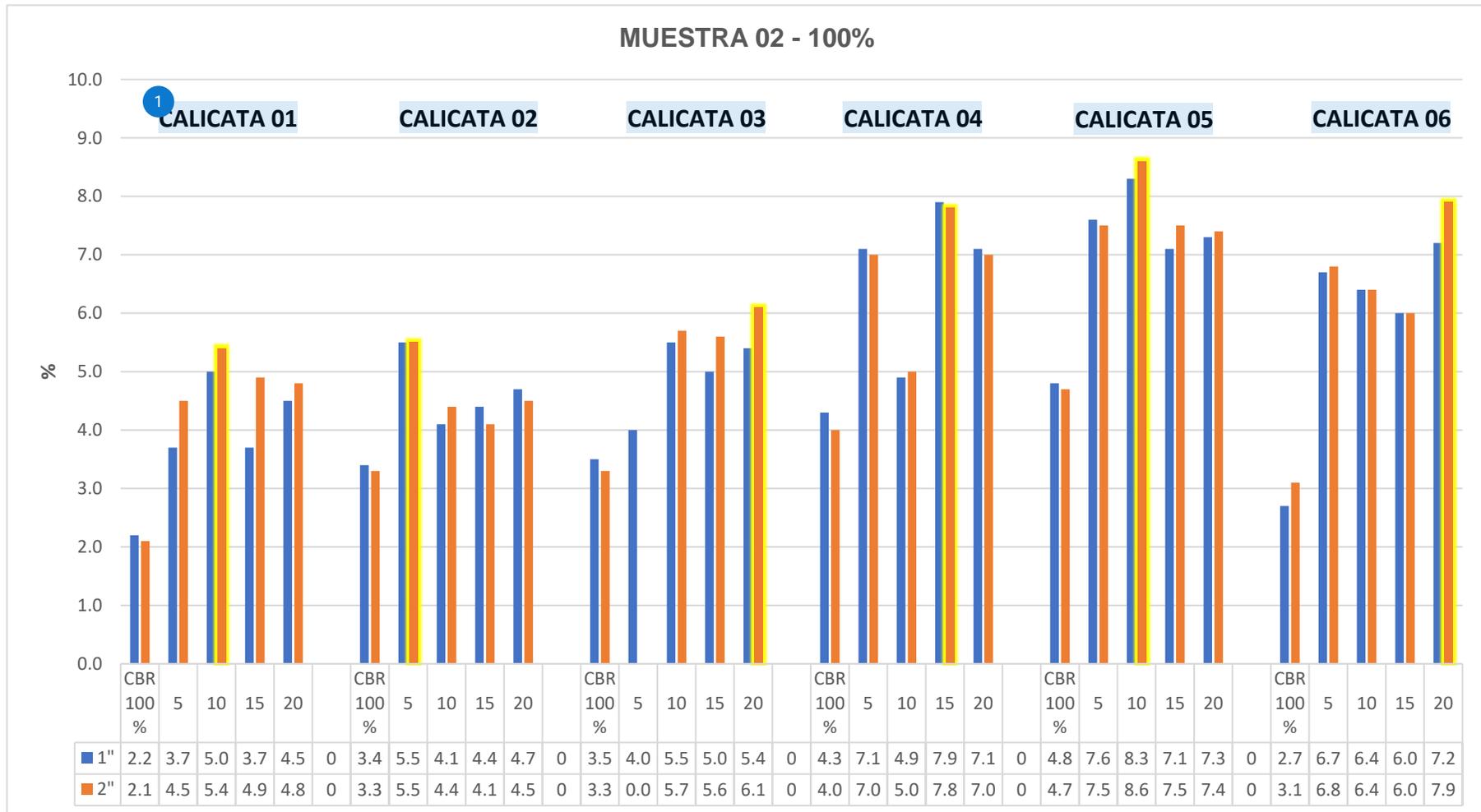
Resultado de las muestras en suelo patrón - ceniza 2 al 95 %.



**Nota:** Elaboración propia.

**Figura 19**

Resultado de las muestras en suelo patrón - ceniza 2 al 100 %.



**Nota:** Elaboración propia.

### 3.1.7 Referente a la permeabilidad de muestras de suelo con adiciones de ceniza de carbón al 5 %, 10%, 15%, y 20%.

**Tabla 14**

*Tipos de suelos en permeabilidad*

TIPOS DE SUELOS	TEXTURA	PERMEABILIDAD
Suelo Arcilloso	Fina	Muy Lenta
Suelos Limosos	Modernamente Fina Modernamente Gruesa	Muy Rápida
Suelo Arenoso	Gruesa	

**Nota:** *Elaboración propia*

Esta tabla muestra los diferentes tipos de suelo en la que son permeabilizados con el único fin de saber, <sup>14</sup> la facilidad de movimiento de flujo a través de un medio poroso, esto permite clasificar los suelos en: suelos permeables y suelos impermeables.

**Tabla 15**

*Texturas de suelo tiempo y descarga*

Permeabilidad media para diferentes texturas de suelo en cm/hora	
Arenosos	5.0
Franco arenosos	2.50
Franco	1.30
Franco arcillosos	0.80
Arcillosos Limosos	0.250
Arcillosos	0.050

**Nota:** *Elaboración propia*

Como se muestra en la tabla el tiempo (cm/seg) y el tiempo en descargas en(cm<sup>3</sup>) para cada tipo de suelo.

**Figura 20.**

**1**  
*Procedimiento para el ensayo de permeabilidad*



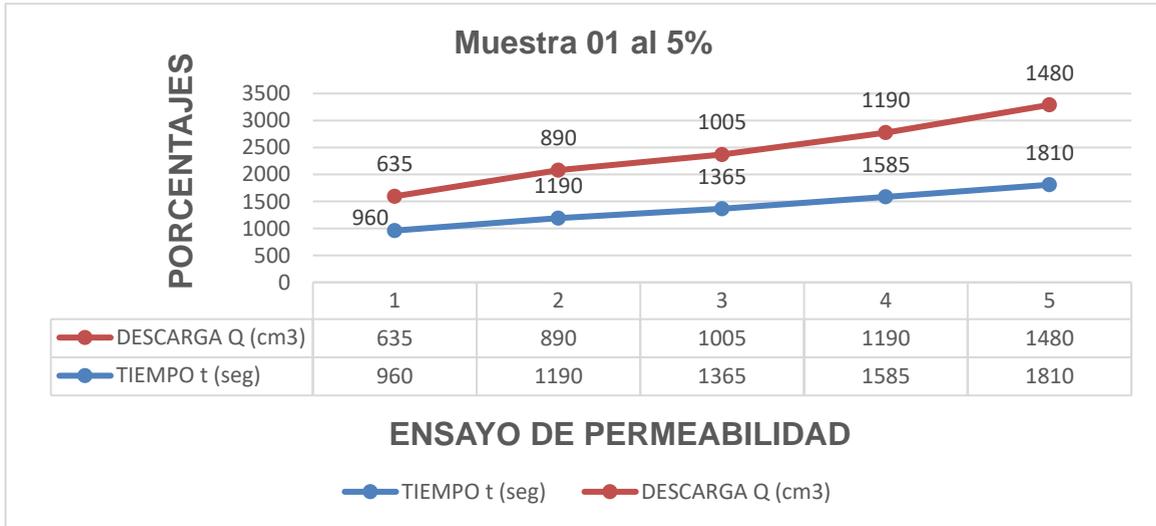
**Nota:** *Elaboración propia*

**Nota.** *Para más detalles ver Figura N°29 y 30*

## MUESTRA 01

**Figura 21.**

*Muestra 1: Arcilla (CL) + 5% Ceniza de Carbón*

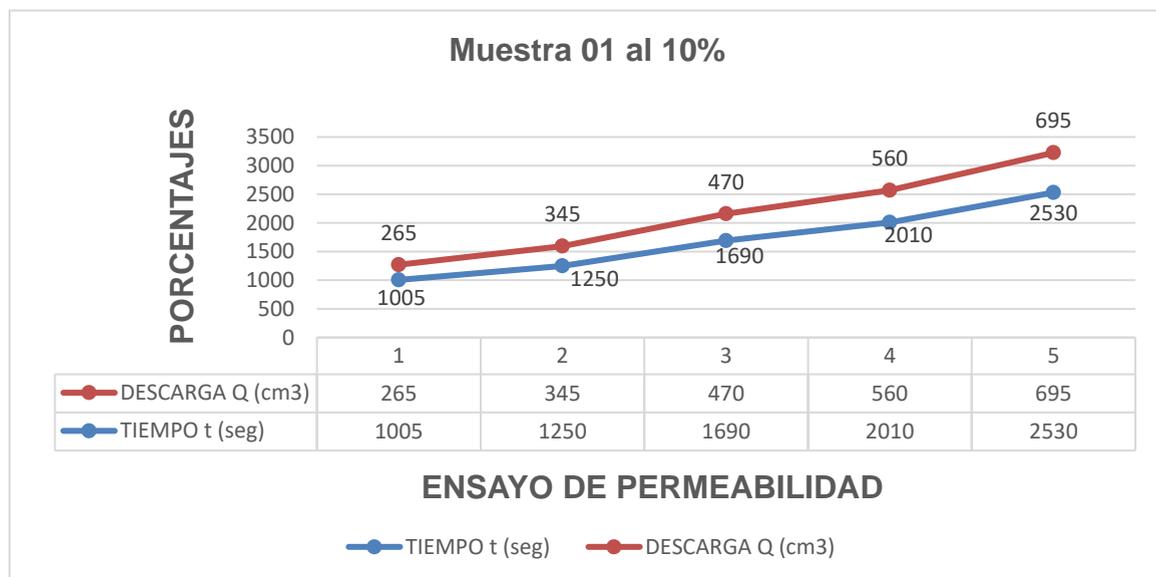


**Nota:** *Elaboración propia*

El grafico representa el tiempo en segundos y descargas en  $Q \text{ (cm}^3\text{)}$  que tomo el agua en adherirse al suelo, mostrando un coeficiente de  $K = 2.62E-03 \text{ cm/seg}$ , con una descarga de descarga en  $1480(\text{cm}^3)$ , con un tiempo de 1810(seg).

**Figura 22.**

*Muestra 1: Arcilla (CL) + 10 % ceniza de carbón*

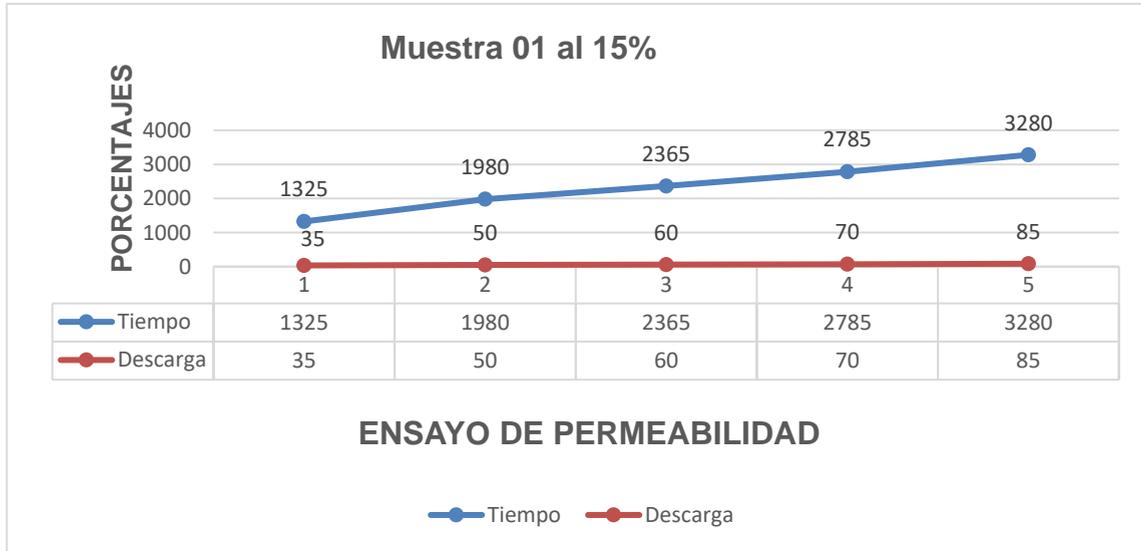


**Nota:** *Elaboración propia.*

El grafico representa los resultados que tomo de tiempo en segundos y descargas en Q (cm<sup>3</sup>), mostrando un coeficiente de K = 9.66E-04 cm/seg, con descarga en 560 (cm<sup>3</sup>), con un tiempo de 2010(seg).

**Figura 23.**

*Muestra 1: Arcilla (CL) + 15 % ceniza de carbón*

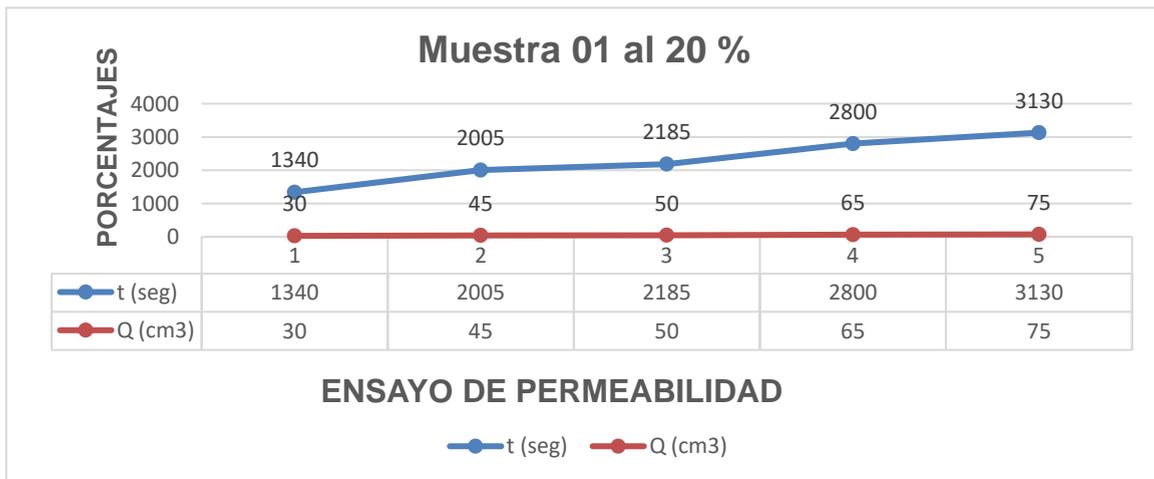


**Nota:** *Elaboración propia.*

Representa el tiempo en segundos y descargas en Q (cm<sup>3</sup>) que tomo el agua en adherirse al suelo, mostrando un coeficiente de K = 9.02E -05 cm/seg, con descarga en 85 (cm<sup>3</sup>), con un tiempo de 3280(seg).

**Figura 24**

*Muestra 1: Arcilla (CL) + 20 % Ceniza de Carbón*

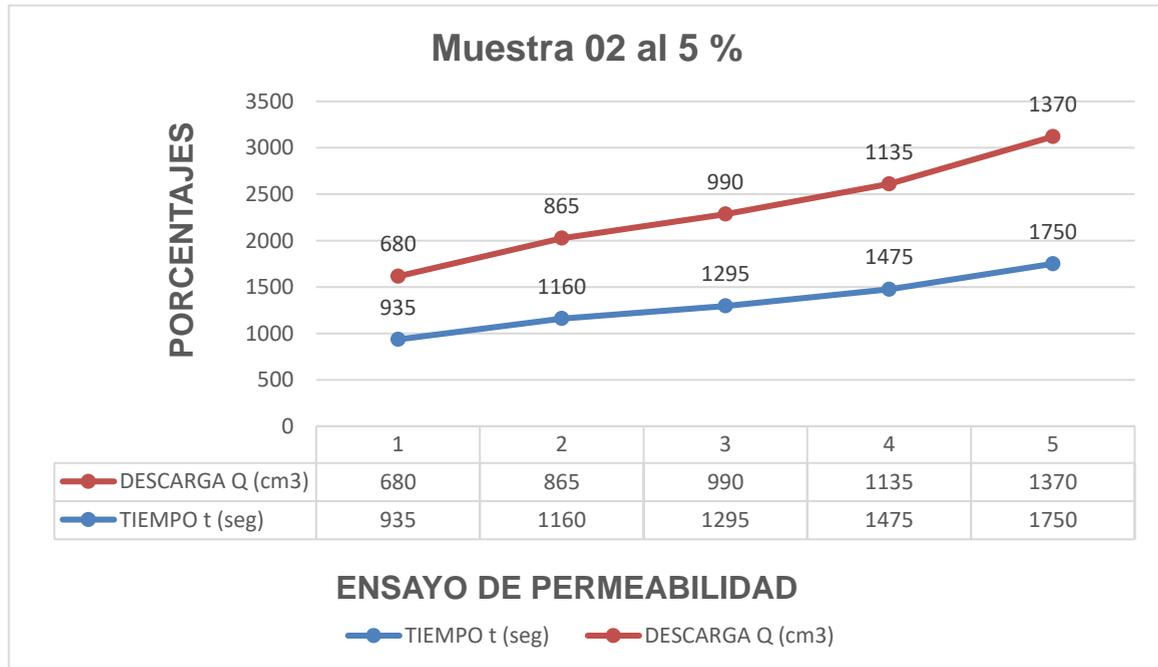


**Nota:** *Elaboración propia*

El grafico nos muestra el tiempo en segundos y descargas en Q (cm<sup>3</sup>) que tomo el agua en adherirse al suelo, mostrando un coeficiente de K = 8.09E - 05 cm/seg, con descarga en 75 (cm<sup>3</sup>), con un tiempo de 3130(seg).

**Figura 25**

*Muestra 2: Arcilla (CL) + 5 % ceniza de carbón.*

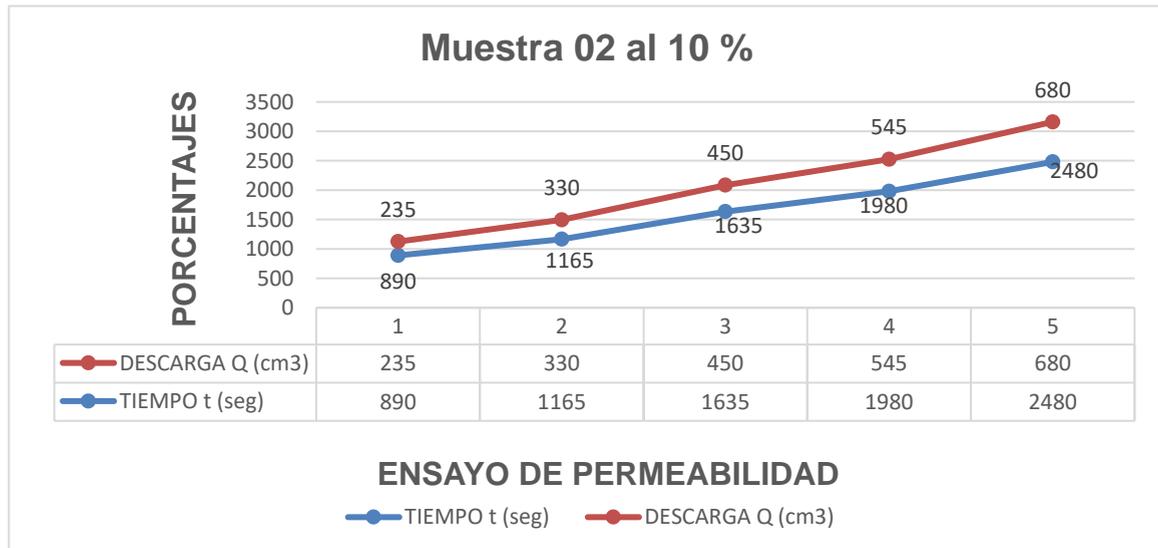


**Nota:** *Elaboración propia.*

*Nota.* El grafico representa el tiempo en segundos y descargas en Q (cm<sup>3</sup>) que tomo el agua en adherirse al suelo, mostrando un coeficiente de K = 2.67E - 03 cm/seg, con descarga en 1370 (cm<sup>3</sup>), con un tiempo de 1750(seg).

**Figura 26.**

*Muestra 2: Arcilla (CL) + 10 % Ceniza de Carbón*

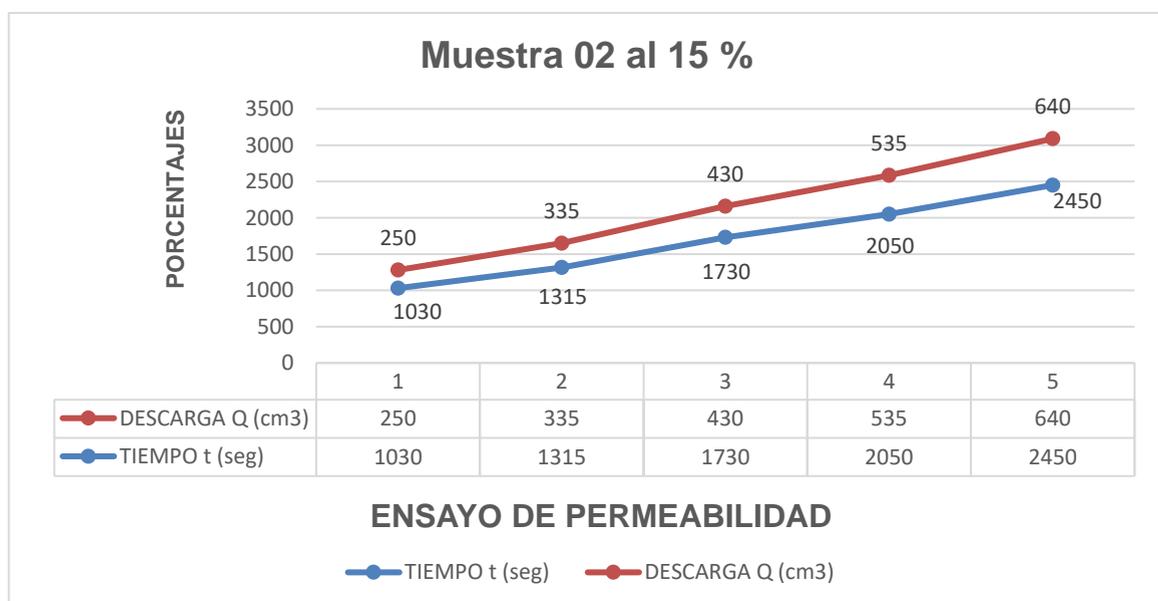


**Nota:** *Elaboración propia*

El grafico representa el tiempo en segundos y descargas en Q (cm<sup>3</sup>) que tomo el agua en adherirse al suelo, mostrando un coeficiente de K = 9.66E - 04 cm/seg, con descarga en 680 (cm<sup>3</sup>), con un tiempo de 2480.

**Figura 27.**

*Muestra 2: Arcilla (CL) + 15 % ceniza de carbón.*

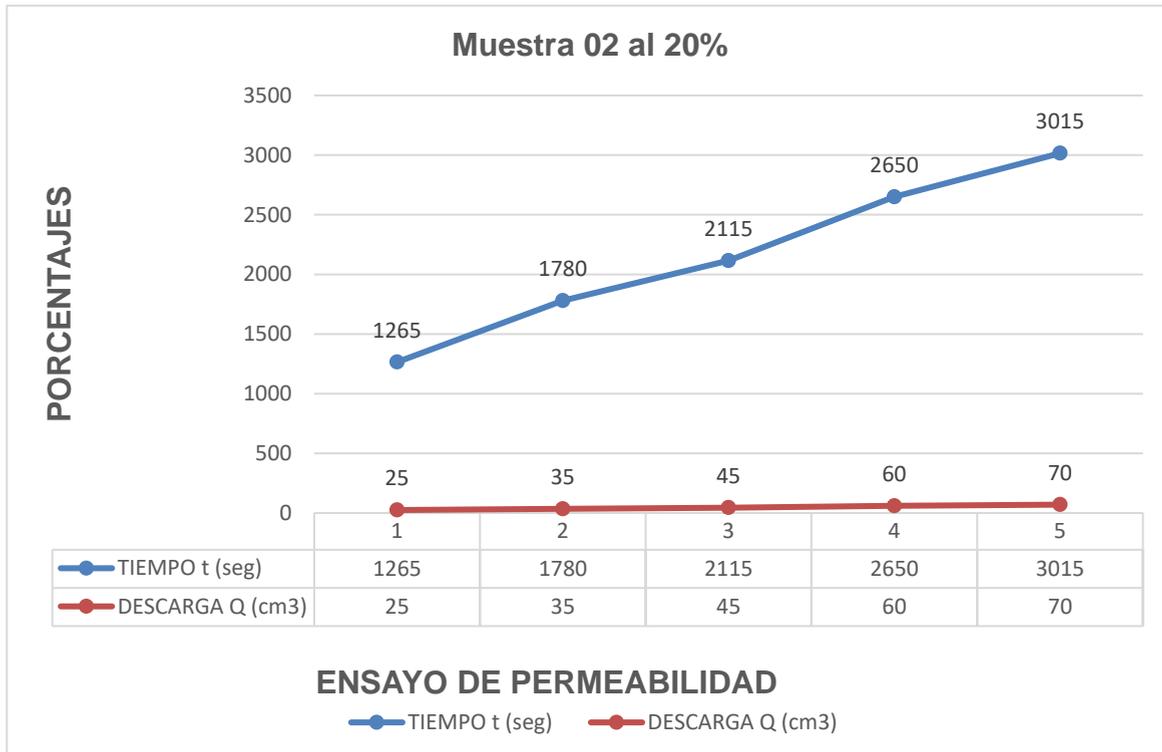


**Nota:** *Elaboración propia.*

El grafico representa el tiempo en segundos y descargas en Q (cm<sup>3</sup>) que tomo el agua en adherirse al suelo, mostrando un coeficiente de K = = 8.93E - 04 cm/seg, con descarga en 640 (cm<sup>3</sup>), con un tiempo de 2450(seg).

**Figura 28.**

*Tipo de suelo: Arcilla (CL) + 20 % Ceniza de Carbón*

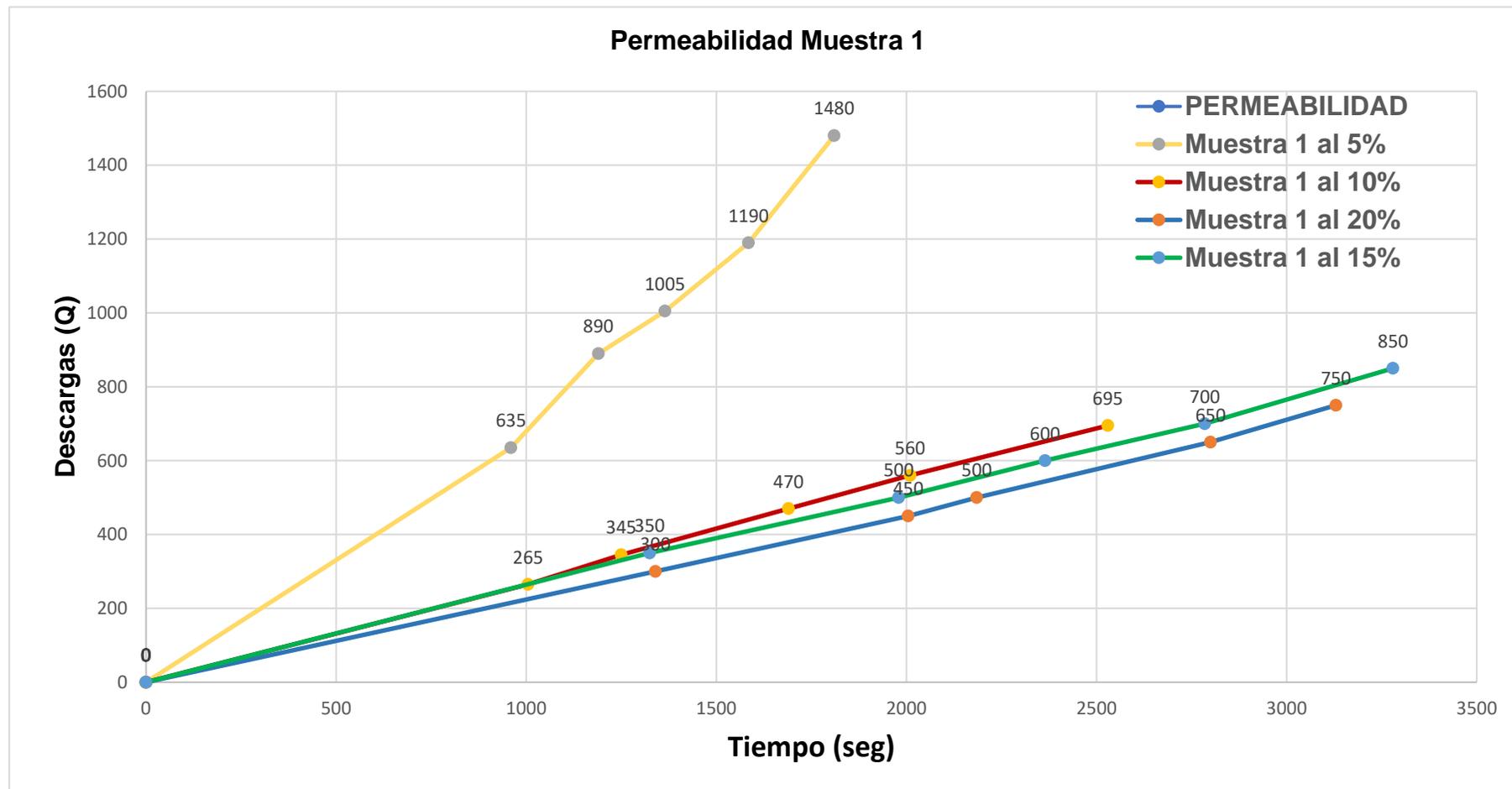


**Nota:** *Elaboración propia*

El grafico representa el tiempo en segundos y descargas en Q (cm<sup>3</sup>) que tomo el agua en adherirse al suelo, mostrando un coeficiente de K = 7.50E - 05 cm/seg, con descarga en 70 (cm<sup>3</sup>), con un tiempo de 3015(seg).

**Figura 29.**

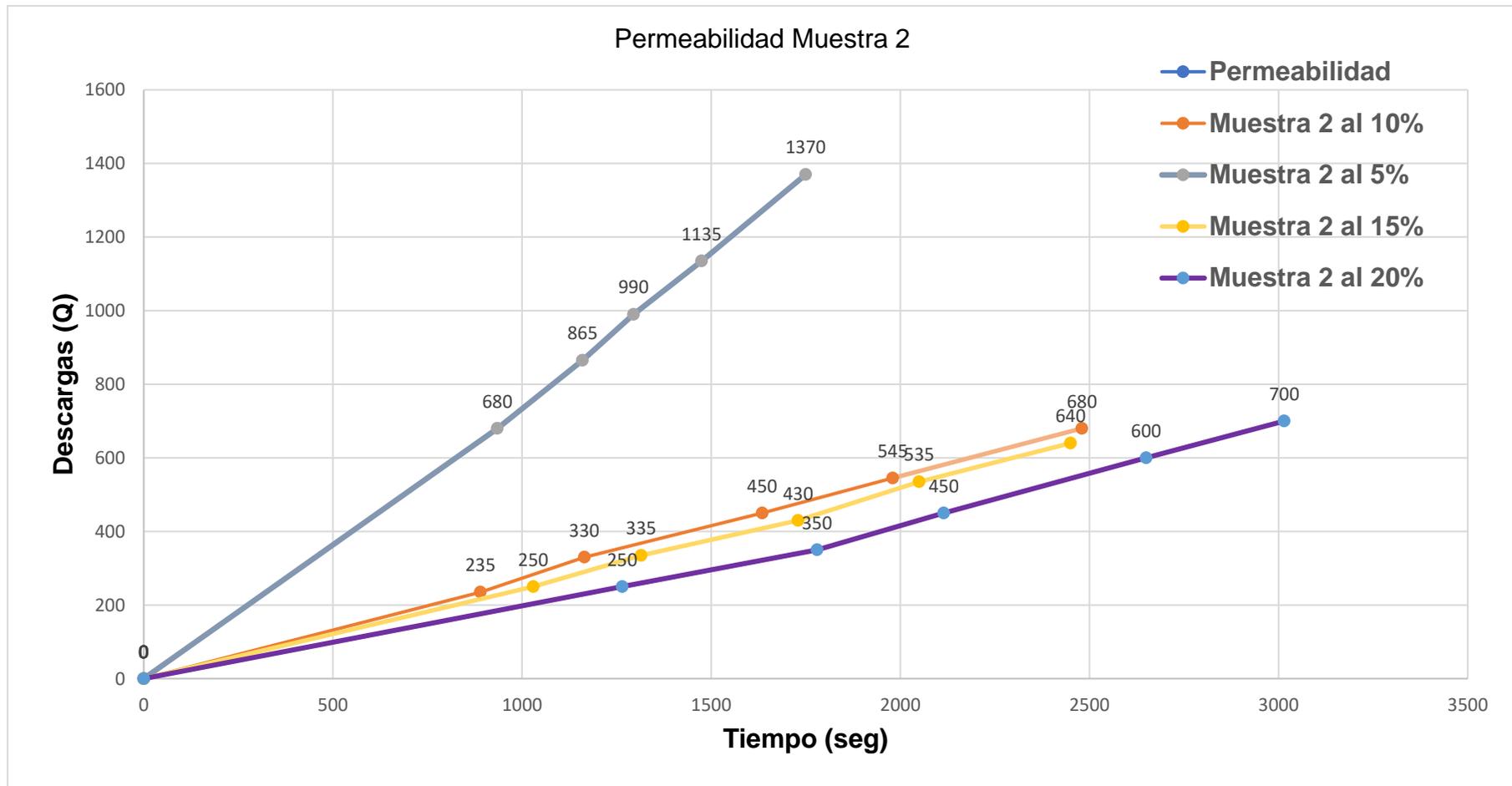
*Resultado del 5% al 20% de la muestra 1*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 30**

Resultados del 5% al 20% de la muestra 2.



**Nota:** Elaboración propia.

### 3.2 Discusión de resultados

Referente a las propiedades físicas del carbón, detalladas en la tabla N°08 indica la temperatura de quemado, aspecto, color y su granulometría tamizado por la maya N°200 - según la norma ASTM D 3174, en textura superficial formada por partículas en su mayoría esféricas, si se revisa (Gonzales Barra, et al., 2022) hace mención basándose en la norma donde, se omite las dos primeras horas del calentamiento de la mufla para obtener su forma y color de la ceniza a una temperatura de 750°C, reduciendo así el tiempo de análisis, por lo tanto (Nakamura et al., 2021) concuerda con lo dicho, ya que la ceniza de carbón pasan por el tamiz obtienen una resistencia a compresión del material granular fino, dando como resultado óptimo resistencias mecánicas superiores, mediante reacciones química efectiva en la muestra. Este estudio refleja una similitud a la investigación efectuada, solo que en el tiempo de calcinación varía en 100°C más a diferencia del estudio comparado, el tamizado da mejores condiciones en finura, concluyendo con la conformidad con lo expuesto.

Concerniente a la contextura y forma de la ceniza de carbón, se clasifica según el rango de maduración, como se muestra en la figura N°09 donde menciona el contenido del tiempo de quemado a menor temperatura menor será el contenido de hidrogeno en material volátiles, según (Leme et al., 2021) y (Aydin, 2017) hace mención que la quema de carbón conduce a la pérdida del 30% de la energía y disminuye la calidad de aire, este estudio evaluó el uso sincrónico de la industria de lote de hornos, quema de gases residuales y recuperación de energía para producir electricidad. concordando así con los resultados investigados. determinando así la similitud que al mayor quemado en temperatura menor será el contenido hidrógeno y textura del material.

Cómo se visualiza en la figura N°08 la ceniza de carbón presenta su textura dependiendo de la temperatura de quemado, suave al tacto por su finura, hace mención (Javed et al., 2021) que la ceniza de carbón extraído por las industrias ladrilleras tienden a ser de color y forma cementante a polvos, en cambio las cenizas que produce de hogar caen al fondo por la misma gravedad que se

distingue principalmente por el tamaño de las partículas. corroborando con la investigación mencionada. sin embargo (LienLo et al., 2021) afirma que la ceniza de carbón tiende a ser un desecho ambiental situacional, originadas en las calderas industriales termoeléctricas, que al ser quemadas a temperaturas elevadas pierde su textura y propiedades puzolánicas, dando razón a lo expuesto párrafos anteriores. por lo concerniente (Yang et al., 2020) reafirma con lo expuesto, porque menciona que la ceniza de carbón, va innovando estudios tecnológicos por ser un residuo tipo cementante que presentan un elevado contenido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) dando cavidad que tienen mejores propiedades puzolánicas. Estos estudios concuerdan con lo expuesto, reafirmando el gran beneficio que aporta este material reciclado.

Podemos visualizar en la tabla N°07 que los 4 tipos de ceniza a temperatura diferentes mediante más temperatura tenga ira cambiando su contextura, forma y color, según (Zhu et al., 2019) hace mención que la quema de ceniza en calderas para cogeneración de energía, llama la atención por su alta disponibilidad, con partículas mayores de (0.075m.m) retenido en la malla número 200, ya que el carbón inquemado contiene un alto contenido puzolanas y cambios en forma y color, por lo tanto partir de esta síntesis queda demostrado y en acuerdo con lo investigado. Reafirmando con la respuesta mencionada sobre los cambios de temperatura va cambiando de color y textura.

La finura media de la ceniza en aspecto físico en la que muestra la tabla N°08 es comparable al cemento por su finura en 2.0 y 200 micra de diámetro en versión que hay tamaños que oscilan entre 420 micras, según (Nurul et al., 2017) concuerda con lo mencionado ya que la ceniza de carbón bien quemado da como resultado resistencias favorables y de composición de microestructuras en micras de diámetros, que sustituye en porcentajes mínimas como aditivo al cemento que obtiene buena resistencia. Este estudio concuerda con lo ya mencionado ya que la ceniza puede utilizarse como un aditivo estabilizador para el concreto o fines constructivos.

En cuanto algunas propiedades geotécnicas de ceniza volantes mostrada en la tabla N°09 a partir de los resultados en laboratorio en sus composiciones químicas, según (Arroyo & B.K, 2016) refiere que la ceniza de carbón e hidróxido de sodio presentan un aumento con respecto al agua, por otro lado recomienda adicionar un 14% de hidróxido en suelo tipo arcilla quedando en desacuerdo con lo expuesto, sin embargo (Huamani Quispe, 2020) afirma que presencia de humedad tienden a reaccionar químicamente con la temperatura de hidróxido y la granulometría semejante a un tipo de suelo limo a un 80% y 95% en partículas, comparando con un tipo de suelo limo y suelo arcilla es muy inexistente, por lo expuesto anteriormente no concuerda con los resultados mencionados, ya que las adiciones a los tipos de suelos son diferentes y necesitan otro tratamiento evaluativo. En conclusión, con lo mencionado estoy en desacuerdo ya que este residuo cenizo a carbón estabiliza más suelos en composición tipo arcilla.

Referente a las propiedades químicas del carbón, en los resultados analíticas en calizas encontrados en el grafico N°14 se puede indicar que los óxidos combinados forman  $\text{NH}_4\text{OH}$ , es decir óxidos de fierro y aluminio y al ser calcinados forman óxidos de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), y oxido de manganeso ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ), los cuales proporciona un alto rango en componentes puzolánicos; según (Hongxu et al., 2022) hace mención de los óxidos en la ceniza de carbón son  $\text{SiO}_2$ , seguido de  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $\text{Fe}_2\text{O}_3$   $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$ , reflejan en la norma ASTM C618-12a (2010), que pueden clasificarse como mejor material puzolánico (clase c o f) dando conformidad al estudio realizado. Este estudio concuerda con lo realizado en mi investigación, ya que habla sobre las composiciones y propiedades químicas a temperaturas y resultados puzolánicos de ceniza de carbón.

Las 4 muestras de ceniza de carbón analizadas químicamente como se muestra en la figura N°14 y la tabla N°09 dos de ellas mostraron su composición química muy alto en  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , con resultados en la muestra 01, en la figura N°10 con un 66.78 %, con una temperatura de 850°C, en la muestra 02 en la figura N°11 con resultado de 70.25 % con una temperatura de 900°C, a diferencia de (Arroyo & B.K, 2016) muestra resultados a diferentes temperatura de quemado y componentes físico químico, mostrado en la muestra ceniza1, generando en su

composición un 17.08% de óxidos y un 82.92% y para la muestra N°2 un equivalente al 16.84% en masa de 83.16% quedando en desacuerdo con el estudio semejante. Este estudio está en desacuerdo ya que las temperaturas de quemado diferentes no proporcionarían una buena cantidad de sílice y alúmina según la norma ASTM D 3174.

Los análisis establecidos según los estudios por laboratorio revelan como se muestra en la figura N°12 reafirma sobre los componentes químicos de óxido de magnesio y óxidos combinados y el uso en toda  $\text{NH}_4\text{OH}$  en arcilla con adiciones de ceniza de carbón a temperatura elevada donde presenta un efecto significativo, pero según (Huamani Quispe, 2020) muestra desacuerdo ya que en presencia de humedad en suelos arenosos tienden a reaccionar el uso de  $\text{NH}_4\text{OH}$  químicamente con hidróxido, tienen a tener deficiencias en lo que respecta su resistencia en material, por otro lado (Howladar & Mir Raisul, 2016) sugiere que el color de ceniza a temperaturas elevadas indica presencia de alto contenido de óxido de calcio, mientras que los colores oscuros sugieren un elevado contenido orgánico altos en  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$  proporciona grandes cantidades de azufres (pg. x), demostrando en desacuerdo con lo expuesto en sus investigaciones. Este estudio no concuerda con los aportes mencionados ya que muestra suelos y reactivos químicos diferentes.

Los resultados encontrados en la figura N° 10, 11, 12 y 13 nos refiere que es muy alta en  $\text{SiO}_2$ , y muy aprovechable en  $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$ , a la vez muy contaminante químicamente, como se muestra en la figura N°11 su composición de óxido de magnesio y comprende un 70.25% consecutivamente en la figura N°10 implica óxido de magnesio y comprende 66.78% sin embargo (Antoni et al., 2017) y (Nuaklong et al., 2021) plantean la misma teoría en que el residuo ceniza de carbón presenta 3 diferentes tipos en sólidos, sólidos estables ( $\text{SiO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{AlO}$ ), solubles en agua ( $\text{metal-SO}_4$ ,  $\text{metal-BO}_3$ ) por último óxidos metálicos ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ) dando en acuerdo en gran parte a lo aportado en esta investigación, por otro punto de vista según (Kaur & D, 2016) maneja otra teoría en los resultados químicos, ya que los estudios de DRX y EDS mostraron que el contenido amorfo de la ceniza consiste en óxido de calcio potasio y las principales fases cristalinas observadas eran cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) y óxido de aluminio y silicio ( $\text{Al}_4, \text{S}_2\text{Si}_1$ ) y hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ),

dando en desacuerdo a lo dicho anteriormente mencionado. Este estudio plantea las concordancias de ciertos aportes la cual detallan su investigación, finalizando así con resultado positivos en el proceso químico de óxidos de magnesio a un porcentaje esperado.

La composición de la ceniza de carbón y sus propiedades puzolánico dependen del tiempo de calcinación que varían en los grados de quemado como se muestra en la tabla N°08 según su investigación de (Alam et al., 2021) y (Muthusamy et al., 2020) describen los procesos de evaluación del carbón a ser llevado a los hornos industriales, quedando como residuo los componen óxidos de sílice , alúmina, cal, carbón sin quemar y otros elementos con proporciones de magnesio, alcalino, oxido de azufre respaldando la esta investigación con los contenidos evaluados, sin embargo es bueno recalcar el aporte de (Nuaklong et al., 2021) menciona el tamaño de la partícula (Finura de Blaine) en altas temperaturas en horno oscilan a  $400\text{cm}^2/\text{g}$  y  $550\text{cm}^2/\text{g}$  tomando valores muy altos, efectuando poca resistencia en su composición química. Este estudio concuerda con lo investigado ya que la ceniza aporta un gran porcentaje en elementos con proporciones de magnesio, alcalino, oxido de azufre.

Referente a las propiedades mecánicas al suelo patrón, mediante los ensayos normalizados que se muestran en la tabla N°10 y N°11 para las muestras del distrito La victoria (arcillas), se observó para todos los casos aumenta y disminuye la MDS y el OCH, según (Torres Lora L. A., 2019) y (Cedeño et al., 2018) mencionan también que se hizo un estudio similar en el distrito de La Victoria, donde se recolectó 29 muestras para ser analizadas, y proceder con los ensayos pertinentes, y saber su clasificación para SUCS y AASTHO dando concordancia con lo investigado ya que el procedimiento es esencial en los estudios de suelos. Este estudio queda demostrado ya que es indispensable para poder <sup>1</sup> determinar las propiedades de resistencia mecánica del suelo.

Como se visualiza en la figura N°15 en la calicata 01 hasta la calicata 06, donde en la calicata 1 mostró un valor más elevado en resultados de MDS de  $1.674\text{g}/\text{cm}^3$ , con OCH de 22.89%. Siendo una comparación en resultados en valor del CBR penetración desde la calicata 01 a la 06 que se muestra en la tabla N°13. Según (Gastulo Meléndez & Salazar Avellaneda, 2018) Determinó la densidad elevada para asentamientos unidimensional a suelo arcilloso, concluyeron que los suelos tratados mostro una deformación de 5.400 mm, representado al 28,42%, aportando un sustento en el proceso de similitud a lo investigado. Este estudio está en acuerdo con lo mencionado ya que ofrece un alto contenido de MDS y OCH.

Como se visualiza en la figura N°15 el suelo patrón calicata 01, para el suelo de la victoria, dando una MDS de  $1.674\text{g}/\text{cm}^3$ , con un OCH de 22.89%. perteneciente a la clasificación AASTHO a-7- 6(13) y un SUCS perteneciente al grupo CL, según (Leon Polo & Chilcon Chilcon, 2020) confirma que la densidad máxima seca al proporcionar un material como aditivo eleva un  $0.1\text{gr}/\text{cm}^3$ , y la interpelación realizada para tener un buen contenido de humedad aumenta un 1. %, siempre y cuando aumente el porcentaje del residuo ceniza de carbón, asegurando conformidad con los estudios comparados. Este estudio está en acuerdo con lo mencionado, acotando que agregando producto de ceniza de carbón eleva en un porciento su capacidad portante.

Referente a la calicata 01 muestra en ceniza 1 y 2 al 95 % del CBR con porcentajes al 5 %, 10%, 15%, y 20% y temperatura de quemado a  $850^{\circ}\text{C}$ , mostrada en el figura N°17 y 18 obteniendo en ceniza 1 el 5.70% mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 5% en adición, con una MDS de  $1.694\text{g}/\text{cm}^3$ , con un OCH de 19.79%, perteneciente al grupo CL, cabe recalcar para más visualización en la figura N°33 pero con ceniza 2 nos da un 7.30% del CBR al 95% el mejor contenido óptimo, ubicándose en el rango del 15% de adición. Según (Arias Manrique & Ramos Javier, 2020).

hace mención general del resultado de sus 3 muestras de calicatas realizadas en laboratorio muestran porcentajes diferente de 5%, 10%, 15%, dando como resultados reducido en promedio 31,1%, 71,0%, y 100% que añadiendo un 15% de ceniza de carbón hubo una reducción en el índice de plasticidad hasta 100%, por ende no hubo reducción OCH y MDS, mostrando aumento de 0.81% y máximo 16.10% con respecto a la muestra patrón, según el manual estipulado de la MTC, seguido de la norma C.E-010 pavimento, suelo de subrasante buena  $8\% < \text{CBR} < 17\%$ . señalando en el estudio anterior discrepo con los resultados. Por lo tanto, los autores (Rosales Lecca, Joan Gerardo., 2019) están de acuerdo con lo mencionado ya que se extrajo ceniza calcinada a temperatura  $700^{\circ}\text{C}$ , con porcentajes de 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, dando mejor porcentaje al 5,1% de ceniza de carbón obtiene buenos resultados a resistencia y deformación.

Concernirte a todas las calicatas se visualiza en la tabla N°12 lo referente a sus determinaciones del CBR, por otro lado en la calicata 01 muestra un alto valor de rango de MDS de  $1.694\text{g}/\text{cm}^3$ , con un OCH de 19.79%, según los autores (Ventura Obregon, 2018) y (Espinoza Eusebio & Honores Tantalean, 2018) primera mención que al sustituir el cemento en pequeños porcentajes de 5%, 10% y 15% por ceniza de carbón mejora en si la resistencia a compresión de un concreto  $f'c$   $210\text{kg}/\text{cm}^2$ . dando conformidad a lo mencionado, segunda mención hace acorde de las combinaciones de ambos residuos como aglomerante al suelo arcilloso señala un aumento en el CBR y variaciones físicas en el método saturado, con lo que respalda esta investigación dada. Este estudio concuerda en su totalidad a lo dicho anteriormente.

Referente a la calicata 01 ceniza en muestra 2 al 95 % del CBR con porcentajes al 5 %, 10%, 15%, y 20% y temperatura de quemado de  $900^{\circ}\text{C}$ , mostrada en la figura N°33 obteniendo el 7.30% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 15% de adición, con una MDS de  $1.609\text{g}/\text{cm}^3$ , con un OCH de 11.54%. perteneciente al grupo CL, según los autores (Requejo Carrillo, 2020) y (Jara Ferrer & Muñoz Ramirez, 2021) hacen acotación sobre el estudio, primera acotación,

muestras los porcentaje de oryza de 3%, 5%, 7%, y 9%, dando como resultados de contenido de humedad al 0.55%, no presentan plasticidad según ASSHTO, en el ensayo CBR da como valor estipulado 22.47% y en máxima densidad 1.690g/cm<sup>3</sup>, de diferentes muestras de suelo evaluado con adición 3%, 5%, 7%, y 9% en residuo de ceniza oryza, concluyendo que los porcentajes obtenidos del CBR al 23,30%, 24,87% y 22,93%, mejorando significativamente el suelo tratado, concurriendo con mutuo acuerdo con lo investigado ya que se asemeja a mi estudio pero a diferentes materiales en adición, pero el mismo estudio. Este estudio concuerda con lo investigado.

Referente a la calicata 02 muestra en ceniza1 y ceniza 2 al 95% del CBR con porcentajes al 5 %, 10%, 15%, y 20% y temperatura de quemado de 850°C y 900°C generando resultados categóricos en función al suelo patrón, mostrada en la figura N°16 y 17 primera muestra de ceniza obteniendo el 5.30% mejor resultado, ubicándose en el rango 15% de adición y en la segunda mostro un resultado de 4.30%, ubicándose en el rango del 20% de adición, según estos los autores (Rosales Lecca J. G., 2019) hacen mención de la resistencia y deformación que produce la ceniza de carbón añadiendo un 10% en la mezcla asfáltica caliente, considerando 4 porcentajes al 4%, 4.5%, 5%, 5.5% con porcentajes de 10% por ceniza de carbón, Obteniendo buena resistencia y deformación en carpeta asfáltica, en acuerdo con lo dicho, respalda su postura a la investigación, por otro lado (Labajos & Núñez, 2020) en concordancia a los mencionados autores ya que la ceniza volante obtenida de las industrias ladrilleras de la ciudad de Chachapoyas, a porcentajes a 15%, 20%, y 25%, <sup>1</sup> de ceniza de carbón dando incremento a la capacidad de soporte (CBR), determinando que los suelos tipo CH y OH mejoran su capacidad portante, según el manual de carretas, con el propósito de ser usados como una subrasante mejorada el ámbito constructivo. Este estudio concuerda en gran parte con la investigación ejecutada.

Referente a la calicata 03 muestra en ceniza1 y ceniza 2 al 95 % del CBR con porcentajes al 5 %, 10%, 15%, y 20% y temperatura de quemado de 850°C 900°C se muestra en la figura N°16 Y 17 generando resultados categóricos en función al suelo patrón, en primera muestra de ceniza obteniendo al 5.22% mejor

resultado, ubicándose en el rango 20% y en la segunda mostrando un resultado de 5.20%, ubicándose en el rango del 20% de adición perteneciente al grupo CL, podemos observar a más detalles los valores del CBR en penetración en la tabla N°13 según los autores (Goñas Labajos, 2019) y (Humpiri & José, 2017) muestran que las de ceniza volante de carbón a porcentajes a 15%- 20% y 25% donde los ensayos de compactación Proctor estándar, límite de consistencia y CBR, llegando a determinar que los aglomerantes cenizos volantes dan resultados óptimos mejorando su capacidad portante, concuerdan con lo investigado, porque generan similitud al resultado y porcentaje del estudio. siendo así este estudio concuerda con ambos resultados generados.

Referente a la calicata 04 muestra en ceniza 1 y ceniza 2 al 95 % del CBR con porcentajes al 5 %, 10%, 15%, y 20% en función al suelo patrón ,generando resultados óptimos mostrada en la figura N°16 y 17 la primera muestra de ceniza obteniendo el 6.00% mejor resultado, ubicándose en el rango 20% en adición y en la segunda mostrando un resultado de 5.70%, ubicándose en el rango del 20% de adición, perteneciente al grupo CL, arcilla de baja plasticidad con arena, según los autores (Maldonado & Cañar Tiviano, 2017) y (Islam et al., 2018) afirman que en el ensayo proctor modificado dio una MDS y un OCH, para luego determinar con el ensayo CBR donde se procedió hacer combinaciones de 3 muestras de porcentajes al 20%, 23%, y 25% de ceniza volante de carbón con el fin de poder determinar su resistencia . según (Santarem et al., 2019) describe muy puntual que en los estudios ceniza de fondo es un material del grupo A – 4 en la clasificación TRB, la mezcla compuesta por 87% ceniza de fondo, 5% ceniza volante, 8% cemento en mezcla ideal, concluyeron que la mezcla con relación del cemento inferior al 8% no cumplen con la norma para una resistencia mínima de 2,1MPA, y por otro lado la ceniza de fondo presento una mejor capacidad de soporte que algunos suelos, determinando su aporte con lo mencionado que da mejores resultados en adición al suelo que al concreto. Este estudio queda demostrado con lo dicho anteriormente por los autores.

Referente a la calicata 05 muestra en ceniza 1 y ceniza 2 al 95 % del CBR con porcentajes al 5 %, 10%, 15%, y 20% al suelo patrón, mostrada en la figura

N°34 en primera muestra ceniza obteniendo el 7.60% mejor resultado, ubicándose en el rango 10% en adición y en la segunda muestra un resultado de 6.20%, ubicándose en el rango del 5% en adición perteneciente al grupo CL, arcilla de baja plasticidad con arena, según (Cabrera Nole & Paredes Minaya, 2018) y (Becerra Santillán & Herrera Gonzáles, 2019) concuerdan con lo mencionado que añadiendo este residuo de ceniza para estabilizar suelos mediante ensayos de laboratorios en mecánicas de suelo, se observa que agregando ceniza de carbón en 4,80% y 10,00% mejora sus propiedades, logrando así estabilizar los 3 tipos de suelo evaluados. Este estudio concuerda con lo mencionado en mis resultados. por otro lado (Raj et al., 2018) hace mención que la ceniza de carbón, determinando al 30% del contenido ligante, en su resistencia del suelo estabilizado, se determinó después de 7, 14, 28, 45, y 60 días, de modo que los resultados mostraron una mejora significativa en comparación con el suelo puro. <sup>5</sup> concluyeron que el suelo estabilizado con ceniza de carbón mostró resultados prometedores para la utilización en la construcción de tierra apisonada obteniendo un contenido óptimo para su uso como ligante, en conformidad con el estudio de investigación. Este estudio concuerda con lo mencionado ya que se asemeja a resultados mostrados en toda mi evaluación.

Referente a la calicata 06 muestra en ceniza1 y ceniza 2 al 95 % del CBR añadiendo ceniza de carbón con porcentajes al 5 %, 10%, 15%, y 20% , mostrada en la figura N°16 Y 17 en la primera muestra de ceniza obteniendo el 5.40% mejor resultado, ubicándose en el rango 10% en adición y en la segunda muestra el mejor resultado a 5.20%, ubicándose en el rango del 20% de adición perteneciente al grupo <sup>1</sup> CL, arcilla de baja plasticidad con arena, y en la tabla N°12 sobre las determinaciones de CBR según los autores (Arroyo & B.K, 2016) y (Guzmán Montenegro, 2019) concuerdan con lo mencionado que con el ensayo Proctor estándar en los suelos de Pimentel añadiendo este producto reciclable en proporciones de 7%, 14% y 21% por un tiempo de 28 días, en sus resultados aumentó la resistencia al corte entre 9% a 50% y el coeficiente interno estático un 59% a 177% de la muestra tratada concluyeron que la ceniza y el hidróxido proporciona buen efecto a diferencia con el uso de agua, dando conformidad a mis estudios realizados, por otro lado menciona (Seyhan et al., 2022) que al remplazar

un 15% de cal y fa, mientras que el remplazo de GW varió del 10% al 20%, las pruebas incluyeron la resistencia de varias composiciones del suelo sujetas a diferentes tiempo de curado, en sus resultados obtenidos indican que se puede incorporar GW en materiales de base de carreteras para mejorar su capacidad al 15%, cal, 15% fa, 20% GW y 50% resultó en peso unitario seco y un buen contenido óptimo de humedad, concluyeron que aumenta notablemente en relación de carga california de más de 8 veces en 1 día, y 28 días de régimen de curado en comparación con la muestra de control, comparando con los estudios ya vistos anteriormente queda en total acuerdo con el estudio dado. este análisis que se demostró mediante ensayos de mecánica de suelos ofrece resultados categóricos y similares a los estudios ya demostrados.

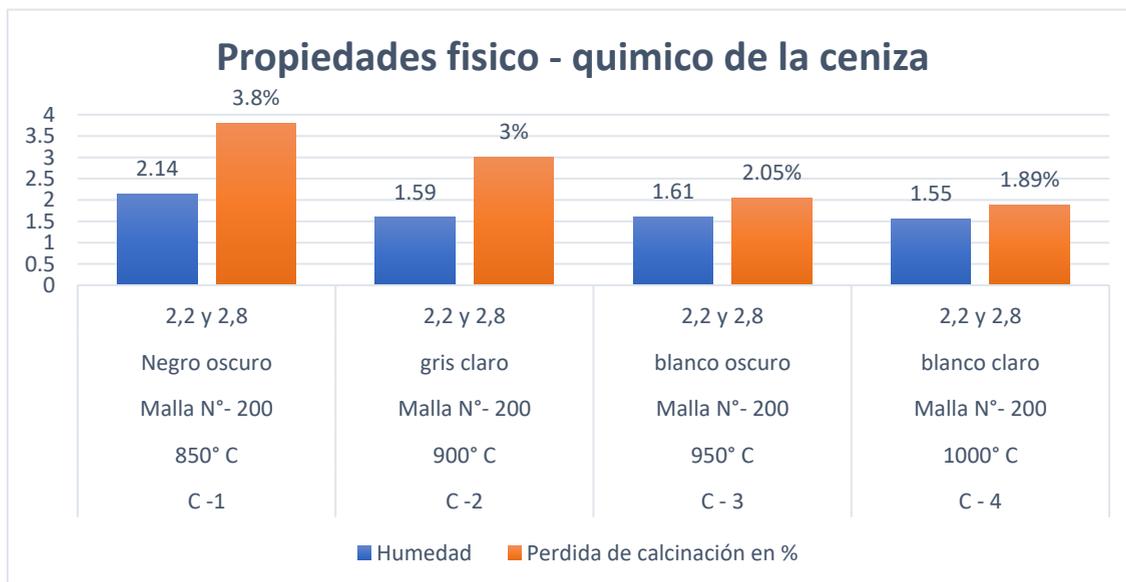
### 3.3 Aporte práctico

Para esta investigación se ha recolectado en 4 puntos diferentes en el distrito de la victoria se acordó con los dueños de los hornos de ladrilleras. adquirir por mi parte él envió del insumo del carbón, con el propósito de poder saber la temperatura adecuada e incluirlo a mi investigación, ya que los propietarios queman el insumo a varias temperaturas con la finalidad de que su producto (ladrillo) salga lo más pronto posible al mercado. se hizo pedido al mismo distribuidor, 4 toneladas de carbón picado, 1 para cada punto de ladrillera, precio estimado por tonelada s/ 320 nuevos soles.

Después de recolectar las cenizas de carbón, el segundo paso a realizar fue el tamizar a malla N°200 como tercer y último punto es analizar mediante ensayos químicos para saber su material puzolánico en  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  adecuado para ser adicionado como aditivo al suelo, con el propósito de estabilizarlo adecuadamente.

**Figura 31.**

*Resultados físicos y químicos de las cenizas*

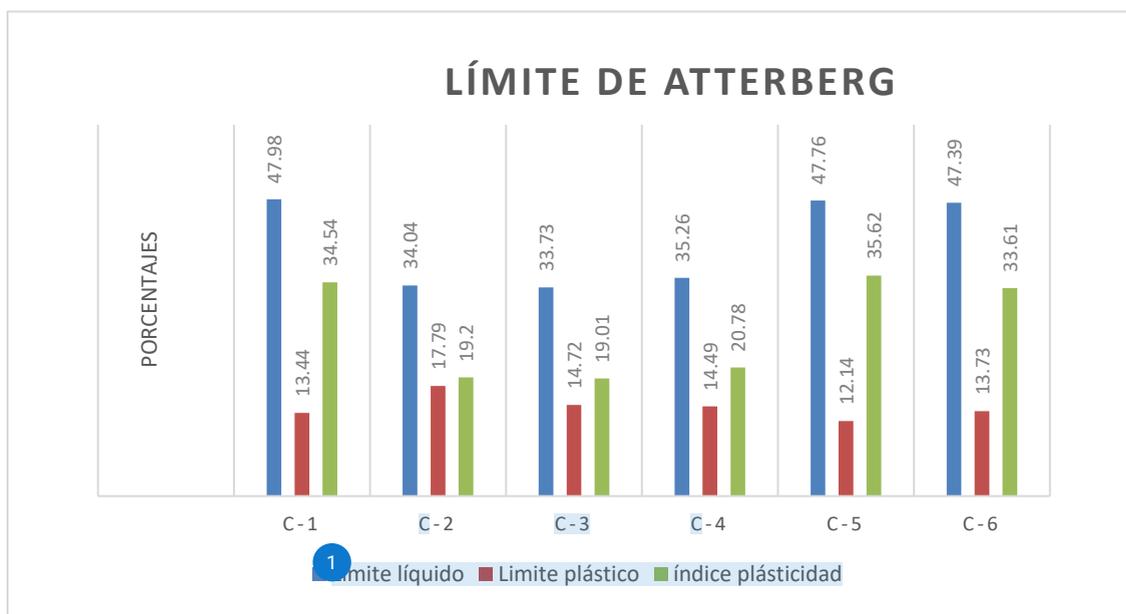


**Nota.** <sup>2</sup> *Elaboración propia.*

En la figura se visualiza las 4 muestras de ceniza a estudios químicos, otorgando 2 mejores resultados óptimos ,ceniza 2 a temperatura de 900°C pasado por la malla N°200, resultando con peso específico de 2,2 y 2,8 con un OCH de 1.59 y una calcinación de 3 de color gris claro Y ceniza 1 a temperatura de 850°C, pasado por la malla N°200, obteniendo un específico de 2,2 y 2,8 con un contenido de humedad según la NTP 339.127:1998 (revisada el 2019) de 2.14 y una calcinación de 3.8 de color negro oscuro.

**Figura 32**

*Resultados en límites de atterberg al suelo natural*

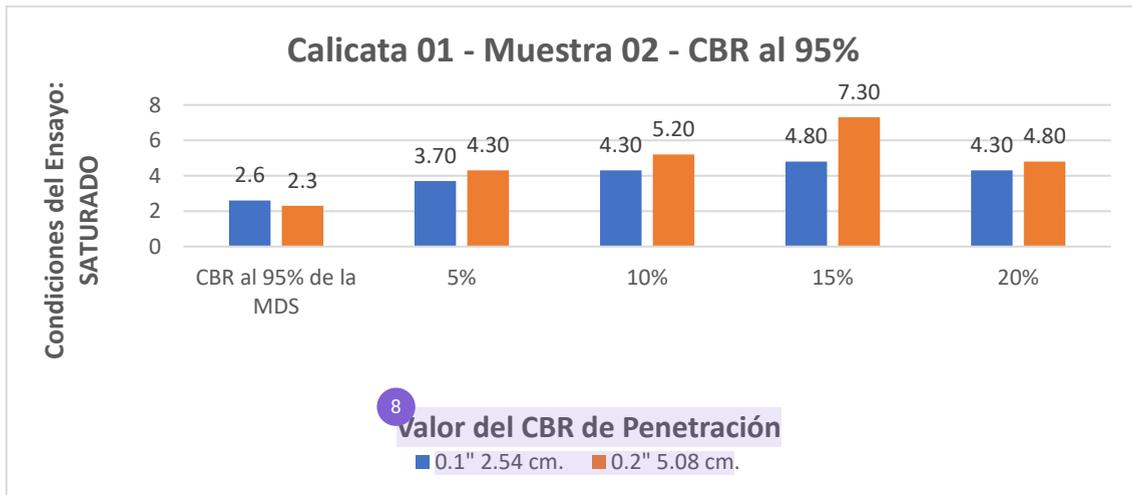


**Nota:** *Elaboración propia*

El grafico presenta los porcentajes de límite de atterberg de las 06 calicatas estudiadas antes de ser incluida la ceniza de carbón, mostrando en la C- 1 un alto contenido con un límite liquido de 47.98%, un límite plástico de 13.44, con un índice de plasticidad 34.54 perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad. posteriormente en la C-5 dando un valor por debajo de la calicata 1, arrojando, un límite liquido de 47.76%, un límite plástico de 12.14, con un índice de plasticidad 35.62, perteneciente al grupo CL, descripción arcilla de baja plasticidad.

**Figura 33.**

*Resultado calicata 01 – muestra 02 – CBR al 95%.*



**Nota:** *Elaboración propia*

La figura presenta que la calicata 01 muestra 02 con resultados al 7.30% del CBR al 95% el mejor contenido óptimo, ubicándose en el rango del 15% de adición.

**Figura 34.**

*Resultado calicata 05 – muestra 01 – CBR al 95%.*



**Nota:** *Elaboración propia*

El grafico presenta para estas calicatas 5 muestra 1 nos da un 7.60% del CBR al 95% el mejor resultado óptimo de estudio, ubicándose en el rango del 10% de adición.

**4.1 Conclusiones**

Con los resultados físicos – químicos de la ceniza de carbón obtenidos a través del laboratorio Rivelab, mediante ensayos de analíticas en calizas, se determinó la clasificación y composición puzolánico muy favorable en  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , de las 4 muestras ceniza de carbón clasificando en las 2 mejores muestras de resultados, obtenidos en porcentaje, ceniza muestra 1 con efectos categórico en 70.25%, ceniza muestra 2 con un 66.78%, estas cenizas evaluadas se catalogan en ceniza tipo (F), ya que suma y tiene elementos tipo cementante, según la norma ASTM D 3174 para ser incluida como aditivo en ámbito de construcción.

Correspondiente a la ceniza de carbón, influye positivamente al adicionar porcentajes adecuados al suelo arcilloso, mejorando sus propiedades mecánicas, generando buena resistencia en ser estabilizado, dejándolo apto para una buena pavimentación.

Se determino el análisis de sus propiedades mecánicas del suelo natural, extraídos de cada punto de calicatas del pueblo joven sagrado corazón de Jesús, se obtuvieron características de extracto diferentes la cual me permitieron clasificarlos según el tipo de suelo, con el método AASHTO A-7-6 (13) - arcilla de baja plasticidad, predominante a su descripción de cada muestra analizada en este caso tipo arcilla.

Mediante ensayos del suelo patrón e incorporando ceniza de carbón a todas las calicatas en estudio, si hubo aumento optimo en la calicata 05 en la cual se planteó que, si llegó a mejorar significativamente a estabilizar el suelo arcilloso, adicionando un 10% de ceniza muestra 1 con resultados al 95% del CBR, con una MDS de  $1.688\text{g/cm}^3$  y un OCH de 14.77%, descripción del suelo arcilla de baja plasticidad. Tratándose de un residuo industrial conduce a una nueva alternativa en la construcción.

Que al adicionar un 5% de ceniza muestra – 2 para arcillas de baja plasticidad con arena, con el método AASHTO A-6(12), perteneciente a tipo de suelo CL, nos da un buen resultado al 95% del CBR, con una MDS de 1.779g/cm<sup>3</sup> y un OCH de 14.65%, siendo beneficioso para proyectos futuros.

## 4.2 Recomendaciones

Realizar una clasificación exhaustiva de ceniza volante de carbón en las ladrilleras de hornos artesanales, antes de aplicarlas al mejoramiento del suelo, esto ayudará en gran parte <sup>1</sup> eliminar algunas impurezas que impiden homogenización del material con el suelo a tratar.

Recolectar la ceniza de carbón de la mejor selección, y evaluar en laboratorios mediante ensayos físico-química, para lograr determinar la clasificación y composición puzolánico muy favorable en  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  para ser utilizado como aditivo a nuestro suelo en estudio.

Utilizar este residuo cenizo volante de carbón para la estabilizar suelo arcilloso ya que la ceniza de carbón ofrece porcentajes tipo cementantes adecuados a la norma ASTM C 0618-08, mejorando así las propiedades del suelo.

Realizar un mejoramiento al suelo del Pueblo Joven <sup>10</sup> Sagrado Corazón de Jesús en el Distrito de La Victoria, <sup>1</sup> ya que las características que presenta no son las adecuadas para un proyecto de pavimentación, la mejor alternativa es utilizar este producto de material reciclable ceniza volante de carbón para el mejoramiento de sus suelos, para así poder realizar y garantizar una adecuada y buena pavimentación.

<sup>1</sup> Utilizar un 10% de ceniza volante de carbón, para la estabilización de suelos arcillosos, ya que con estos porcentajes se obtuvieron buenos resultados, con respecto a las propiedades mecánicas del suelo, también es dable evaluar otros tipos de suelos proporcionando este mismo material ceniza de carbón como aditivo para estabilizar con el fin de saber el comportamiento que ofrece al agregar este insumo.

Mediante los ensayos de suelo y ceniza de carbón especialmente límite de atterberg se realice en el momento ya que al ser expuesta con agua se encarece con el tiempo dando resultados diferentes.

Tener un especial cuidado al realizar la mezcla suelos más ceniza de carbón, con el propósito de obtener una buena afinidad del material y con ello tener mejores resultados en los ensayos.

Usar el contenido de humedad óptimo en lugar del contenido de humedad natural del suelo en tratamiento. Para así determinar el índice de CBR ya que con ese logra incrementar el CBR de mejor manera.

Estabilizar con ceniza de carbón beneficia una economía favorable al cliente ya que es un producto reciclaje, ofreciendo un mejor proceso de elaboración que no requiere ser compactado de manera inmediata, siendo una ventaja frente a otros estabilizantes como por ejemplo el cemento.

Tener en cuenta la cantidad de ceniza de carbón que va a utilizar en laboratorio mediante ensayos de analíticas en calizas, para hallar la clasificación y composición puzolánico más favorable para el suelo a tratar.

Utilizar ceniza de carbón a otras temperaturas de quemado y otros porcentajes para saber en si mediante ensayos de laboratorio la tendencia respecto al óptimo contenido de humedad y sus variaciones secuenciales mediante sus procesos de evaluación.

## ● 8% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Internet	2%
2	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Internet	2%
3	<b>hdl.handle.net</b> Internet	<1%
4	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-06-09</b> Submitted works	<1%
5	<b>Universidad Nacional Autonoma de Chota on 2022-07-25</b> Submitted works	<1%
6	<b>Universidad Senor de Sipan on 2017-03-08</b> Submitted works	<1%
7	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-08-04</b> Submitted works	<1%
8	<b>Universidad Tecnologica del Peru on 2022-12-14</b> Submitted works	<1%

9	<b>coursehero.com</b>	Internet	<1%
10	<b>terra.com.pe</b>	Internet	<1%
11	<b>Universidad Privada Antenor Orrego on 2022-05-31</b>	Submitted works	<1%
12	<b>Universidad Privada Antenor Orrego on 2020-09-02</b>	Submitted works	<1%
13	<b>Universidad Señor de Sipan on 2022-12-24</b>	Submitted works	<1%
14	<b>repository.unipiloto.edu.co</b>	Internet	<1%
15	<b>tesis.usat.edu.pe</b>	Internet	<1%
16	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-01</b>	Submitted works	<1%
17	<b>Universidad Continental on 2019-05-08</b>	Submitted works	<1%
18	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-11-09</b>	Submitted works	<1%
19	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-15</b>	Submitted works	<1%
20	<b>repositorio.upla.edu.pe</b>	Internet	<1%

21	<b>dspace.espol.edu.ec</b>	Internet	<1%
22	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b>	Internet	<1%
23	<b>Sara Del Rocio Ochoa Averos, Julio César Bizarreta-Ortega. "Experime...</b>	Crossref	<1%
24	<b>Universidad Alas Peruanas on 2018-11-26</b>	Submitted works	<1%
25	<b>Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2022-06-19</b>	Submitted works	<1%
26	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-13</b>	Submitted works	<1%
27	<b>slideshare.net</b>	Internet	<1%
28	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-15</b>	Submitted works	<1%
29	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-13</b>	Submitted works	<1%
30	<b>Universidad Continental on 2018-11-07</b>	Submitted works	<1%
31	<b>repositorio.uap.edu.pe</b>	Internet	<1%
32	<b>repositorio.usil.edu.pe</b>	Internet	<1%

33	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b>	<1%
	Internet	
34	<b>Universidad Continental on 2022-11-25</b>	<1%
	Submitted works	
35	<b>Universidad Privada Antenor Orrego on 2022-09-30</b>	<1%
	Submitted works	
36	<b>docplayer.com.br</b>	<1%
	Internet	
37	<b>revistaingenieria.univalle.edu.co</b>	<1%
	Internet	