

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**APLICACIÓN DE CENIZA ORGANICA EN  
LA ESTABILIZACION DE SUB-RASANTES  
ARCILLOSAS**

**PRESENTADO POR:**

Bach. GALARZA ALVAREZ, Jean Pierr.

**Línea de Investigación de la escuela profesional:**

Transporte y Urbanismo.

**Línea de Investigación por programa de estudios:**

Estructuras

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2022**

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**APLICACIÓN DE CENIZA ORGANICA EN  
LA ESTABILIZACION DE SUB-RASANTES  
ARCILLOSAS**

**PRESENTADO POR:**

Bach. GALARZA ALVAREZ, Jean Pierr.

**Línea de Investigación de la escuela profesional:**

Transporte y Urbanismo.

**Línea de Investigación por programa de estudios:**

Estructuras

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2022**

**ING. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL.**  
**ASESOR TEMATICO**

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO**

A mis padres Ángel y Paulina por el apoyo incondicional en todo momento, por guiar mis pasos y darme esa fuerza de voluntad para lograr mis metas, a la Universidad Peruana Los Andes por darme la oportunidad de formarme como profesional. A los docentes de la Facultad de Ingeniería, por las enseñanzas que me brindaron durante mi formación profesional. Finalmente quiero agradecer a todas las personas que han hecho posible la realización de esta tesis.

## **HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA.  
PRESIDENTE.**

---

**ING.ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ.  
JURADO**

---

**ING.CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES.  
JURADO**

---

**ING.EDMUNDO MUÑICO CASAS.  
JURADO**

---

**ING.LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA.  
SECRETARIO DOCENTE.**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>ix</b>
<b>ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>15</b>
<b>PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>15</b>
1.1. Problema de investigación .....	15
1.2. Formulación del problema:.....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3. Justificación.....	18
1.3.1. Social o Práctico .....	18
1.3.2. Metodológica .....	18
1.4. Delimitaciones.....	19
1.4.1. Temporal .....	19
1.4.2. Espacial.....	19
1.5. Limitaciones .....	20
1.5.1. Económica .....	20
1.5.2. Temporal.....	20
1.6. Objetivos .....	20
1.6.1. Objetivo general .....	20
1.6.2. Objetivos específicos .....	20
<b>CAPITULO II</b>	<b>21</b>
<b>MARCO TEORICO</b>	<b>21</b>
2.1. Antecedentes .....	21
2.2. Marco conceptual.....	25
2.3. Definición De Términos .....	40
2.4. Hipótesis .....	47
2.4.1. Hipótesis General.....	47

2.4.2. Hipótesis específicas.....	47
2.5. Variables .....	47
2.5.1. Definición conceptual de la variable.....	47
2.5.2. Definición de operacionalización de la variable.....	48
2.5.3. Operacionalización de las variables.....	49
<b>CAPITULO III</b>	<b>50</b>
<b>METODOLOGIA</b>	<b>50</b>
3.1. Método de investigación:	50
3.2. Tipo de investigación:	50
3.3. Nivel de investigación:	51
3.4. Diseño de investigación	51
3.5. Población y muestra:	52
3.6. Técnicas, instrumentos de recolección de datos:	52
3.7. Procesamiento de la información	52
3.8. Técnicas y análisis de datos	52
3.8.1. Fase de pre campo	53
3.8.2. Fase de campo Levantamiento topográfico	56
3.8.3. Fase de gabinete	62
<b>CAPITULO IV</b>	<b>71</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>71</b>
4.1. Resultados específicos	71
4.2. Resultado general	82
<b>CAPITULO V</b>	<b>83</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>83</b>
5.1. Discusiones específicas	83
5.2. Discusión General	85
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>87</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>90</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>92</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Requerimientos Químicos de Ceniza Volante de acuerdo a ASTM C 618 .....	27
<b>Tabla 2</b> Clasificación de carreteras según su función.....	30
<b>Tabla 3</b> Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular.....	34
<b>Tabla 4:</b> Operacionalización de las variables.....	49
<b>Tabla 5</b> Formato para el análisis granulométrico .....	54
<b>Tabla 6</b> Formato para la clasificación granulométrica.....	54
<b>Tabla 7</b> Formato para los límites de consistencia.....	55
<b>Tabla 8</b> Formato para el ensayo de proctor modificado .....	55
<b>Tabla 9</b> Formato para el ensayo de CBR.....	56
<b>Tabla 10</b> Características de excavación de las calicatas.....	58
<b>Tabla 11</b> Ubicación de calicatas.....	58
<b>Tabla 12</b> Cantidad de muestra de suelo.....	58
<b>Tabla 13</b> Cantidad de ceniza vegetal producido por los hornos de ladrillo artesanal.....	60
<b>Tabla 14</b> Total de ceniza vegetal producido por los hornos de ladrillo artesanal. .....	60
<b>Tabla 15</b> Ubicación de Hornos de ladrillo artesanal.....	61
<b>Tabla 16</b> Cantidad de muestra de ceniza vegetal.....	61
<b>Tabla 17</b> Análisis granulométrico, muestra 01.....	71
<b>Tabla 18</b> Análisis granulométrico, muestra 02.....	72
<b>Tabla 19</b> Clasificación granulométrica.....	73
<b>Tabla 20</b> Límites de consistencia.....	73
<b>Tabla 21</b> Clasificación (S.U.C.S).....	74
<b>Tabla 22</b> Composición química de la ceniza orgánica.....	75
<b>Tabla 23</b> Máxima densidad seca, muestra 01.....	77
<b>Tabla 24</b> Máxima densidad seca, muestra 02.....	77
<b>Tabla 25</b> Contenido de humedad, muestra 01 .....	78
<b>Tabla 26</b> Contenido de humedad, muestra 02.....	79
<b>Tabla 27</b> Dosificación de ceniza orgánica M.D.S. y C.B.R. ....	80
<b>Tabla 28</b> Dosificación correcta de ceniza orgánica.....	81



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Av. Prolongación vía evitamiento cdra.1 a la 5 distrito de Lircay. ....	19
<b>Figura 2</b> Requerimientos mínimos a nivel de afirmado según DG-2013-MTC.	33
<b>Figura 3</b> Curvas para Diseño de Espesores de Pavimento (MTC, 2008) Fuente: (MTC, 2008). .....	36
<b>Figura 4</b> Curvas para Diseño de Espesores de Pavimento Fuente: (MTC, 2008). .....	37
<b>Figura 5</b> Esquema de la ejecución de una estabilización de mezcla in situ. Adaptado de “Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito” por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) del Perú, 2015. ....	38
<b>Figura 6</b> Av. Vía evitamiento cuadras de la 1 a la 5. ....	53
<b>Figura 7</b> Levantamiento Topográfico. ....	57
<b>Figura 8</b> Plano topográfico.....	57
<b>Figura 9</b> Excavación de la calicata 01 progresiva 0+325.00.....	59
<b>Figura 10</b> Excavación de la calicata 01 progresiva 0+325.00.....	59
<b>Figura 11</b> Entrevista a propietario de horno de ladrillo. ....	60
<b>Figura 12.</b> Obtención de muestra de ceniza vegetal. ....	61
<b>Figura 13</b> Ensayo de granulometría. ....	63
<b>Figura 14.</b> Equipos utilizados para el ensayo de límites de consistencia. ....	65
<b>Figura 15</b> Ensayo de Proctor modificado.....	67
<b>Figura 16</b> Ensayo de penetración CBR. ....	70
<b>Figura 17</b> Curva granulométrica, muestra 01. ....	72
<b>Figura 18</b> Curva granulométrica, muestra 01. ....	73
<b>Figura 19.</b> Composición química de la ceniza orgánica .....	75
<b>Figura 20</b> Componentes químicos influyentes en la estabilización.....	76
<b>Figura 21.</b> Máxima densidad seca, muestra 01 .....	77
<b>Figura 22</b> Máxima densidad seca, muestra 02. ....	78
<b>Figura 23</b> Contenido de humedad, muestra 02 .....	79
<b>Figura 24.</b> Dosificación de ceniza orgánica M.D.S. y C.B.R. muestra 01. ....	80
<b>Figura 25</b> Dosificación de ceniza orgánica M.D.S. y C.B.R. muestra 02. ....	81

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>CC</b>	: Cenizas de carbon.
<b>SUCS</b>	: Sistema unificado de clasificación de suelos.
<b>CBR</b>	: California Bearing Ratio.
<b>MDS</b>	: Máxima densidad seca.
<b>MTC</b>	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
<b>ASTM</b>	: Sociedad americana de pruebas y ensayos.
<b>OCH</b>	: Optimo contenido de humedad
<b>UTM</b>	: Universal Transverse Mercator
<b>Ge</b>	: Grupo de control.
<b>Gc</b>	: Grupo experimental.
<b>NTP</b>	: Norma técnica peruana.
<b>L.L</b>	: Limite líquido.
<b>L.P</b>	: Limite Plástico.
<b>IP</b>	: Índice de Plasticidad.
<b>CL</b>	: Arcilla fina.

## RESUMEN

La presente investigación parte del problema general ¿Cuál es el efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas?; por consiguiente, se formuló el objetivo general: “Determinar el efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de la sub-rasante arcillosas”; y la hipótesis general que debe contrastarse es: “El efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas es aceptable según los resultados”.

El método general de la investigación es el científico, el tipo de investigación es aplicada y tecnológica, el nivel de carácter descriptivo – explicativo, el diseño cuasi-experimental y el enfoque de investigación cualitativa; que permitirá describir y explicar la influencia de la ceniza orgánica como estabilizante mecánico de suelos y determinar el óptimo porcentaje de ceniza, además de determinar las mejoras que se produce en la estabilización mediante su uso.

La población para el presente trabajo de investigación será los diferentes tipos de vías del distrito de Lircay provincia de Angaraes región Huancavelica), del tipo no probabilístico, dirigido o por conveniencia, que será conformado por un grupo de ensayos de mecánica de suelos y procedimientos de Ingeniería; para el efecto se aplicaran las Normas del MTC y Ambientales vigentes, se realizara una calicata a cielo abierto para su extracción, análisis y experimentación con la adición de diversos porcentajes de ceniza orgánica.

**Palabras claves:** estabilización, ceniza orgánica, sub-rasante.

## ABSTRACT

The present investigation starts from the general problem: What is the effect of the application of organic ash on the stabilization of clayey subgrades? Consequently, the general objective was formulated: "To determine the effect of the application of organic ash on the stabilization of the clayey sub-grade"; and the general hypothesis that must be tested is: "The effect of the application of organic ash on the stabilization of clayey subgrades is acceptable according to the results".

The general method of research is scientific, the type of research is applied and technological, the level of descriptive - explanatory character, the quasi-experimental design and the qualitative research approach; This will allow describing and explaining the influence of organic ash as a mechanical stabilizer of soils and determining the optimum percentage of ash, in addition to determining the improvements that occur in stabilization through its use.

The population for this research work will be the different types of roads in the district of Lircay, Angaraes province, Huancavelica region), of the non-probabilistic type, directed or for convenience, which will be made up of a group of soil mechanics tests and soil mechanics procedures. Engineering; For this purpose, the current MTC and Environmental Standards will be applied, an open pit pit will be carried out for its extraction, analysis and experimentation with the addition of various percentages of organic ash.

**Keywords:** stabilization, organic ash, subgrade.

## INTRODUCCION

La estabilización de suelos es un procedimiento importante en la ingeniería civil ya que implica mejorar las propiedades de un determinado tipo de suelo, y pueden ser aplicados en una sub-rasante, sub base, o base de un pavimento, garantizando la durabilidad y estabilidad, ante las constantes cargas vehiculares.

La presente investigación desarrolló la estabilización de la sub-rasante de suelos arcillosos, por el método de incorporación de la ceniza orgánica, en un tipo de suelo inestable, donde se determinó la dosificación adecuada según parámetros técnicos y normativos, donde se evaluó los efectos obtenidos en la estabilización, además se analizó los componentes químicos de la ceniza orgánica, y su influencia en la estabilización de suelos arcillosos, además se contrastó los resultados obtenidos con la norma técnica vigente peruana.

La investigación se divide en cinco capítulos, cuyo contenido se detallan a continuación:

**Capítulo I**, Trata del planteamiento del problema que se plantea en la investigación, delimitación y limitaciones del problema, formulación del problema, considerando el problema general y específicos, justificación, también se define los objetivos generales y específicos que se espera alcanzar durante el desarrollo de la presente.

**Capítulo II**, Trata sobre el marco teórico referidos a la aplicación estabilización de sub-rasantes arcillosas, por el método de incorporación de la ceniza orgánica. Posteriormente se presenta la normatividad, las teorías de investigación, definición de términos, además de plantear la hipótesis general y las específicas así mismo se definirá también las variables.

**Capítulo III**, Trata de la metodología en la cual se planteará el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación.

Se determinará la población y muestra, técnicas de análisis de datos, instrumentos de recolección de datos y finalmente procesamiento de la información.

**Capítulo IV**, Trata de la obtención de resultados del trabajo de investigación, después de ser analizados en la fase de procesamiento de los objetivos planteados.

**Capítulo V**, Trata de la comparación de resultados con la hipótesis planteada, para el presente estudio se elabora la discusión y comparación de resultados con otros autores para su validación.

Para culminar la investigación se describe las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Jean Pierr Galarza Alvarez.

# **CAPITULO I**

## **PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Problema de investigación.**

En el mundo la calidad del suelo que conforma un emplazamiento de construcción, es un factor muy importante para soportar una determinada estructura. En el caso específico de una vía, es importante tener en cuenta la calidad de los suelos existentes, con la finalidad de poder conformar una sub-rasante resistente y duradera, frente a la acción de las cargas que le transmita el tráfico y de las condiciones ambientales adversas que se puedan presentar. Esto es importante, ya que el comportamiento de la estructura de un pavimento está ligado directamente al comportamiento de la subrasante asimismo la baja calidad de los suelos que conforman la subrasante de una vía, obliga a tener que mejorarlos para evitar problemas futuros.

Frente a ello, surge dos posibilidades principales de mejora de la calidad de un suelo, una de ellas es la remoción y reemplazo por una capa de suelo seleccionado y de mejor calidad y la otra opción es la estabilización del mismo suelo in situ mediante el uso de aditivos químicos. Emplear una u otra opción dependerá de su factibilidad de aplicación y economía. Uno de los suelos más comunes y que generalmente presentan baja calidad en los diferentes países son las arcillas, que pueden generar serias dificultades en los cimientos de un pavimento. Un tipo especial de estas arcillas son las expansivas, que

presentan cambios volumétricos considerables cuando se someten a ciclos de ganancia y pérdida de humedad. Los cambios volumétricos que se generen en un suelo arcilloso del tipo expansivo, pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre el mismo, por ello, cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelo deberá evitarse las variaciones de humedad, para lo cual habrá que pensar en su impermeabilización o en la aplicación de un proceso de estabilización.

A nivel de Latinoamérica según el MSc. Ing. Juan M. Junco del Pino especialista principal de la Empresa Constructora Obras de Ingeniería No. 5. MICONS y Profesor Auxiliar de la Facultad de Ingeniería Civil, ISPJAE. del país de Cuba, menciona en su artículo científico del 2011 titulado, “Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras” menciona que *“La problemática de las exigencias para los suelos de subrasante requieren en ocasiones, motivado por las elevadas cargas del tránsito, que los ingenieros desperdicien materiales del sitio de construcción que no cumplen la calidad requerida y se ven obligados a introducir en los proyectos costos de transporte de suelos desde canteras, lo que siempre resulta una opción complicada. Esta problemática se resuelve con el mejoramiento de los suelos, mediante diferentes formas de estabilización, al no disponer de nuevas canteras de préstamo; vista por muchos expertos como una solución económica, además que sean amigables con el medio ambiente.”*

Asimismo, A nivel nacional según Olger Goñas Labajos y Jhon Hilmer Saldaña Núñez en su artículo científico del 2020 titulado “Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada” de la Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería menciona que la problemática de: *“Muchos suelos es debido a su baja capacidad de soporte y mala calidad no siempre cumplen con los requerimientos necesarios para ser empleados en proyectos de pavimentación. Siendo una alternativa de solución mejorar las características mecánicas del material, estabilizándolo con productos*



*adicionados, debido a que estudios sobre la estabilización de suelos han venido experimentando un importante crecimiento desde el año 2000”.*

En el distrito de Lircay, provincia de Angaraes, Región Huancavelica, se presenta el mismo problema ya que predominan suelos de naturaleza sedimentaria y depósitos de origen aluvial compuestos de limos y arcillas, que presentan baja capacidad de soporte. A menudo este tipo de suelos que conforman una subrasante, generan problemas en las estructuras de los pavimentos que se construyen, surgiendo así la necesidad de realizar algún tipo de mejoramiento de la calidad de estos suelos, pudiendo ser mediante la estabilización. La estabilización de suelos con ceniza se ha aplicado en distintas partes del mundo y desde hace buen tiempo atrás. En la actualidad, se cuenta con equipos estabilizadores – recicladores adecuados de gran potencia y rendimiento, distribuidores y dosificadores de estos que facilitan el trabajo en campo y garantizan la calidad de mezclado y colocación.

En la ciudad de Lircay y todo el territorio nacional, la estabilización de suelos con ceniza orgánica se encuentra poco difundida, generalmente se opta por otras opciones de mejoramiento de los suelos de baja calidad que conforman las subrasantes, tales como el reemplazo del suelo o el uso de productos geosintéticos. Finalmente, sería importante evaluar las ventajas técnicas de estabilización de suelos con ceniza orgánica para poder aplicarlo en nuestro medio, y así se logre mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de baja calidad.

## **1.2. Formulación del problema:**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Cuál es el efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

- a) ¿Cuáles son las características físicas del suelo para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas?
- b) ¿Cuáles son las características químicas para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas?
- c) ¿Cuál es la dosificación correcta para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas?

### **1.3. Justificación.**

#### **1.3.1. Social o Práctico.**

El presente trabajo de investigación se pretende dar un uso adecuado, en el tratamiento de los suelos inestables con la aplicación de ceniza orgánica, que es un residuo proveniente de la combustión de eucalipto utilizado por ladrilleras artesanales en el proceso de fabricación de ladrillos. Estos residuos no son desechados adecuadamente, según criterios medioambientales, terminando como material de desmonte o formando parte de los residuos sólidos domésticos almacenados en rellenos sanitarios.

#### **1.3.2. Metodológica.**

El presente trabajo de investigación se espera que sea de consulta para futuros investigadores ya que se propondrá una alternativa de estabilización eficiente, sin la necesidad de realizar grandes inversiones como el uso de aditivos y geo mallas estabilizantes, debido al alto costo que no beneficiara al gran porcentaje de obras de pavimento en especial a las de menor envergadura para el transporte público.

## 1.4. Delimitaciones.

### 1.4.1. Temporal.

La investigación se realizó en el año 2020. El objeto de la investigación se realizó en 3 meses, tomando como punto de partida el mes de enero y se culminó el mes de marzo.

### 1.4.2. Espacial.

La investigación se realizó en el distrito de Lircay, Provincia de Angaraes, Región Huancavelica que está situada sobre los 3278 msnm, en la margen izquierda del río sicra. Lircay (en quechua: Lirqay) es la capital del distrito homónimo en la provincia de Angaraes, ubicada en el departamento de Huancavelica en el Perú. Está ubicada a una altura aproximada de 3,278 m. Según el censo de 2005, cuenta con 6.766 habitantes. Está ubicada en el departamento de Huancavelica en la zona centro-sur del Perú. La mayoría de la población pertenece a la etnia nativa americana.



**Figura 1:** Av. Prolongación vía evitamiento cdra. 1 a la 5 distrito de Lircay.

**Fuente:** Captura Google- Earth elaboración propia.

## **1.5. Limitaciones.**

### **1.5.1. Económica.**

Para la presente investigación la limitación económica fue el financiamiento de la tesis, ya que mi persona se encargó de la misma, tesista: Bach. Jean Pierr Galarza Alvarez.

### **1.5.2. Temporal.**

La presente investigación tuvo como limitación temporal el estudio de mecánica de suelos, ya que implica un lapso tiempo paulatino para la investigación, implicando actividades como: planificación. Exploración in situ, análisis de laboratorio y espera de resultados

## **1.6. Objetivos.**

### **1.6.1. Objetivo general.**

Determinar el efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas.

### **1.6.2. Objetivos específicos.**

- a)** Identificar las características físicas del suelo para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas.
- b)** Identificar las características químicas para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas.
- c)** Determinar la dosificación correcta para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes.**

##### **2.1.1. Internacionales.**

**Tesis: “Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas”.** Del Bach Daniel Morales sustento en el año 2015, en la Universidad de Medellín – Colombia que consistió en:

Evaluar el efecto del método de curado en el comportamiento mecánico de mezclas de suelo adicionadas con ceniza de carbón y activadas alcalinamente; para determinar las mejores condiciones en su uso de vías no pavimentadas; el trabajo de investigación concluye: que las mezclas de arcilla con ceniza de carbón con concentraciones de NaOH de 3.5 M obtuvieron las mejores condiciones a una humedad mayor al 95% cuando se someten a una temperatura entre 40°C y 50°C, llegando al orden de 270 kPa. (Morales, 2015) (1)

**Trabajo experimental denominado: “Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón”,** de Edwin Cañar,

Tiviano sustentó en el año 2017, a la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador. Donde el trabajo experimental concluye:

Que la adición de las cenizas de carbón influye considerablemente en suelos expansivos como la arcilla; formando una masa compacta y aumentando el grado de compactación y mejorando el CBR y la resistencia al corte. Los resultados de ensayos CBR en suelos arenosos finos presenta un aumento del 4.6% al mezclarlos con el 25% de cenizas de carbón, optimizando los porcentajes de la resistencia del 15.0% a 19,60%, recomendando que se puede utilizar como una subrasante. La utilización de la ceniza de carbón mejora las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos y arenosos, disminuye la humedad, reduce la expansión y plasticidad y aumenta su densidad. (Cañar, 2017) (2)

**Tesis: “Estudio del comportamiento de suelos potencialmente expansivos en zonas forestales estabilizados con cenizas FBC”**, de Loreto Millaray y Acevedo Alvarado, sustentaron su trabajo de tesis en el año 2009, a la Pontificia Universidad Católica de Chile.

La investigación tiene como objetivo: investigar el comportamiento de material potencialmente expansivo estabilizado con cenizas FBC. La investigación se limita a los suelos forestales de la VIII Región de Chile y a las cenizas obtenidas de la planta co-generadora eléctrica Petropower ubicada en las instalaciones de ENAP Bío-Bío. La investigación concluye que las cenizas FBC presentan características que la convierten en un estabilizador con un alto potencial autocementante, debido a que está compuesto por más de un 20% de cal libre, y tiene componentes puzolánicos, como la sílice; la respuesta que presentan los suelos granulares estabilizados con cenizas FBC, según la experiencia nacional e internacional son óptimas, aumentando considerablemente su resistencia y sin presentar mayores problemas de expansión. En cuanto a las propiedades, la adición de ceniza FBC disminuye el Índice de plasticidad de los suelos tratados; mejora la

trabajabilidad de los suelos, logrando que los suelos finos puedan presentar mejores características para ser usados en construcciones de vías. En cuanto a las estabilizaciones realizadas con material granular, los resultados no fueron muy representativos. (Loreto & Acevedo, 2009) (3).

### 2.1.2. Nacionales.

**Tesis: “Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas”**, el Bach. Kevin Cubas y Bac. Jose Falen Chavez, sustento su trabajo de tesis en el año 2016, a la Universidad Señor de Sipan, donde determina:

Las cenizas de carbón de la muestra 02, son las que mejor reacción obtienen al tratamiento de suelos arenosos y arcillosos por el alto contenido de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) que están asociados a la producción de cerámicas que poseen altos porcentajes de propiedades cementantes favoreciendo a la estabilización de los suelos. El uso de cenizas de carbón e hidróxido de sodio en suelos arcillosos presenta un efecto óptimo, se observa que existe una diferencia en cuanto a resistencia. Además, determina que las adiciones de cenizas de carbón e hidróxido de sodio en suelos con características de arenas finas reduce la máxima densidad seca y aumenta la resistencia mecánica. La estabilización con Ceniza de carbón y hidróxido de sodio se usa para disminuir la dispersión de partículas de polvo, reduciendo costos de mantenimiento, también es usado en la estabilización de suelos arenosos y así mejorar la sub-rasante. (Cubas & Falen, 2016) (4)

**Tesis “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada”**, el Bach. Carolina Perez Collantes, sustento en el año 2014, a la Universidad Nacional de Ingeniería. Donde estudia:

El comportamiento de la ceniza volante obtenida de la combustión del carbón en una central termo eléctrica, para ser usada como aditivo estabilizante de suelos arcillosos y su empleo como capa de subrasante para un pavimento. La investigación concluye: que la aplicación de la ceniza volante en la arcilla funciona como estabilizador mejorando las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante. Las cenizas volantes funcionan como aditivo que reducen las propiedades expansivas del material, pero este requiere ser adicionado en de 20%.

El ensayo de Difracción de Rayos X, muestra que el suelo arcilloso y la ceniza volante están constituidos principalmente por Cuarzo (SiO<sub>2</sub>).

En el ensayo CBR la mezcla aumento su resistencia en un 9% con la proporción de 20% de ceniza volante y 80% de arcilla.

La mezcla de arcilla con ceniza volante, de acuerdo a los resultados del ensayo próctor modificado, presenta mayor grado de compactación que aquella sin ceniza volante. El CBR al 100% de la MDS, aumento considerablemente de 8.3% a 17.3% adicionándole la ceniza volante en la proporción de 20 %.

A pesar que el suelo investigado no cumple con las especificaciones técnicas para ser usado como subrasante de carreteras, se logró que con la adición de ceniza volante en la proporción adecuada finalmente se tenga altos porcentajes de CBR y puede ser usado.

La adición de ceniza volante en la muestra de arcilla disminuye los efectos de expansión, gravedad específica, plasticidad y humedad de la arcilla. (Perez C. , 2014) (5)

**Manual denominado: “Mejoramiento de un suelo arcilloso con ceniza de madera: agregando valor a los residuos de la industria de ladrillos artesanales en el Perú”**, Por Duran Ramirez, Gary, edito una revista en el año 2016, donde menciona lo siguiente:



En el Perú existen aproximadamente 2000 hornos para la fabricación de ladrillos artesanales, los cuales generan 53,500 toneladas/año de cenizas de fondo. En el Cusco, San Jerónimo, existen 200 hornos. Anualmente generan aproximadamente 6,900 toneladas de ceniza de fondo.

Los residuos de ceniza conocidos como ceniza de fondo resultantes de la quema de madera son almacenados inadecuadamente en un relleno ubicado en el distrito de Corca, provincia de Cusco. Plantea una alternativa para el uso de cenizas en la estabilización de sub rasantes. (Ramirez, 2016) (6)

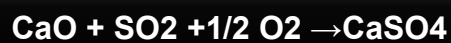
## **2.2. Marco conceptual.**

### **Ceniza Volante u orgánica.**

Se define a la ceniza volante mediante la norma ASTM C593-95 como el residuo finamente dividido que resulta de la combustión de carbón en polvo que es transportado desde la caldera por los gases de combustión. Las características físicas y químicas de las cenizas volantes varían gradualmente dependiendo del método de combustión y forma de las partículas de las cenizas volantes. De acuerdo con el significado, los carbones procedentes de fuentes diferentes producen diferentes características de combustión y estas diferencias influyen en la eficacia de la ceniza volante como un estabilizador de suelo. Estas diferentes fuentes se pueden clasificar en carbón sub-bituminoso, bituminoso y de antracita. Cada uno de ellos tiene diferentes propiedades basadas en el contenido de carbón, la dureza y la edad geológica. Este apartado de la norma ASTM C593-95 contiene información básica relacionada con la composición de la ceniza volante, va a ayudar a ilustrar el rango de valores de las propiedades que este material puede tener. Dos de las principales tecnologías basadas para la generación de energía son: carbón pulverizado (PC), y combustión de fondo fluido (FBC). La tecnología del PC es el método

más popular y se refiere a cualquier proceso de combustión que utiliza el carbón molido muy fino en el proceso. En este tipo de sistema, el carbón se procesa mediante la molienda a una consistencia muy fina para la combustión y la ceniza es formada en la cámara de combustión, mientras sucede la combustión carbón, Undeerc (2007). Este proceso resulta en 65% a 85% de cenizas volantes, mientras que el resto de material es de cenizas de fondo y escorias en la caldera.

La tecnología FBC utiliza una caldera de carbón en donde se lleva a cabo la combustión de carbón, mediante la mezcla de carbón con un absorbente como la piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita o material de fondo. Es un método de combustión de bajo costo para la obtención de la energía sobre todo a partir del carbón con alto contenido de azufre en una forma ambientalmente aceptable. La mezcla de material combustible y el fondo se vuelven fluido durante el proceso de combustión para permitir la combustión completa y la eliminación del gas azufre. En este proceso el azufre en el carbón sale como dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y se convierte en sulfato cálcico ( $\text{CaSO}_4$ )



### **Clasificación de Ceniza Volante.**

De acuerdo con la norma ASTM C618, las cenizas volantes se pueden clasificar en dos tipos principales, la clase C de ceniza volante y la clase F. Esta clasificación depende principalmente de los porcentajes de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), y óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Los requerimientos químicos de ambas clases de Cenizas Volantes se muestran en la siguiente Tabla 1. Las cenizas volantes de clase C se produce normalmente de lignito o por la combustión del carbón sub-bituminoso. Este tipo de ceniza volante tiene propiedades cementantes y puzolánicas. El término cementante significa que el material se endurece en presencia del agua y el término puzolánico significa que,

en presencia de agua, las cenizas volantes reaccionan con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias, para producir también compuestos de cemento. Las cenizas volantes clase F se produce a partir de la combustión del carbón de antracita o bituminoso y se considera que solo tienen propiedades puzolánicas.

**Tabla 1** Requerimientos Químicos de Ceniza Volante de acuerdo a ASTM C 618

Composición Química		Clase	
		F	C
$SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$	Min%	70	50
$SO_3$	Max%	5	5
Contenido de Humedad	Max%	3	3
Perdida por ignición	Max%	6	6

**Fuente:** Pérez Collantes, Rocío 2012

Estas dos clases de cenizas volantes (C y F) se consideran los tipos más comunes de ceniza volante. Sin embargo, como se mencionó antes, los materiales de ceniza volante tienen una amplia gama de propiedades y características que dependen de factores tales como tipo de carbón, proceso de combustión, aditivos, entre otros. Muchas cenizas volantes no pueden caer dentro de estas dos categorías.

### **Propiedades de la Ceniza Volante.**

De acuerdo con M.C. Alonso et al. (1995) las cenizas volantes presentan las siguientes propiedades:

1. Capacidad reactiva, lo que las hace aptas para múltiples aplicaciones. Otra de sus propiedades es la puzolánica e hidráulica, aunque se necesita de un período más o menos largo de tiempo para que se manifieste su reactividad puzolánica.
2. Las cenizas volantes aumentan la trabajabilidad del material en estado plástico, debido a un aumento en la dispersión de las partículas del sistema.

3. Las cenizas volantes en los morteros disminuyen las expansiones asociadas a la reacción árido-álcalis, disminuyendo la pérdida por durabilidad.
4. El contenido de agua libre (que no reacciona con el cemento) es mayor en presencia de cenizas volantes a primeras edades, y por lo tanto la porosidad del sistema también será mayor. Sin embargo, dado que las cenizas volantes aumentan la trabajabilidad, es posible reducir la relación agua / cemento, contrarrestando la mayor porosidad.
5. Las resistencias mecánicas al utilizar cenizas volantes serán menores en las primeras edades, comparadas con las alcanzadas en cementos Portland. Las cenizas actúan como un diluyente inerte, durante el tiempo de incubación de la reacción puzolánica. A edades largas se produce un refinamiento de la estructura porosa debido a la evolución de la actividad puzolánica.
6. La ceniza volante reduce el calor de hidratación en el cemento debido al menor contenido de alita (C3S) procedente del clínker Portland. Este compuesto es el responsable en su mayor parte del calor desprendido durante la hidratación del cemento Portland. La reacción puzolánica también es exotérmica, pero su desprendimiento es progresivo en el tiempo.
7. Las cenizas volantes incorporadas al cemento mejoran su durabilidad en determinados ambientes sulfatados y de agua de mar. Esto se debe a una mayor impermeabilidad y a la reducción en el contenido de portlandita (SC3). Esto último, inhibe la formación de etringita expansiva. El aumento en la impermeabilidad se debe a que los productos formados durante la actividad puzolánica se depositan en el interior de los poros capilares interconectados, dificultando la penetración de los iones sulfato y cloruro.

Este subproducto industrial posee muchas ventajas para ser empleado en la construcción. Al tener un alto volumen de producción garantiza los volúmenes de suministro que se requieren en este sector; se constituye, además, en un material con una reactividad tal que en determinadas condiciones puede comportarse de manera similar como lo hace un cemento Portland y al presentarse en estado pulverulento, hace innecesario cualquier tipo de transformación previa a su uso, constituyéndose además en una materia prima viable económicamente.

Las cenizas volantes permiten que la industria del concreto utilice grandes cantidades de este material cementante suplementario con el fin de reducir el consumo de cemento Portland por unidad de volumen de hormigón

Carreteras no Pavimentadas Gutiérrez (2010), Son aquellas vías que tienen una capa delgada de asfalto o estabilizadas mediante aditivos, pero que no pasaron por un proceso de pavimentación. El manual de diseño para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, ha considerado que básicamente se utilizarán los siguientes materiales y tipos de superficie de rodadura:

- ❖ **Carreteras de tierra**, constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.
- ❖ **Carreteras gravosas**, constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.
- ❖ **Carreteras afirmadas**, constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo

25mm. o Afirmados con gravas naturales o zarandeadas. o Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.

- ❖ **Carreteras con superficie de rodadura estabilizada** con materiales industriales: o Grava con superficie estabilizada con materiales como: cal, aditivos químicos y otros. o Suelos naturales estabilizados con: material granular y finos ligantes, cal, aditivos químicos y otros.

**Tabla 2** Clasificación de carreteras según su función.

<b>GENERICA</b>	<b>DENOMINACION EN EL PERU</b>
<b>RED VIAL PRIMARIA</b>	1. <i>SISTEMA NACIONAL Conformado por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras.</i>
<b>RED VIAL SECUNDARIA</b>	2. <i>SISTEMA DEPARTAMENTAL Constituyen la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación, o en zonas de influencia económica; constituyen las carreteras troncales departamentales.</i>
<b>RED VIAL TERCERA O LOCAL</b>	3. <i>SISTEMA VECINAL Compuesta por:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Camios troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones.</i></li> <li>• <i>Caminos rurales alimentadores, uniendo aldeas y pequeños asentamientos poblacionales.</i></li> </ul>

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico para Carreteras DG – 2001 Clasificación de acuerdo a la demanda.

### **Clasificación de acuerdo a la demanda.**

**AUTOPISTAS.** -Carretera de IMDA mayor de 4000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles, con control total de los accesos que proporciona flujo vehicular completamente continuo. Se le denominará con la sigla A.P.

**CARRETERAS DUALES O MULTICARRILES.** - De IMDA mayor de 4000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles; con control parcial de accesos. Se le denominará con la sigla MC (Multicarril).

**CARRETERAS DE PRIMERA CLASE.** - Son aquellas con un IMDA entre 4000-2001 veh/día de una calzada de dos carriles (DC).

**CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE.** - Son aquellas de una calzada de dos carriles (DC) que soportan entre 2000-400 veh/día. 69

**CARRETERAS DE TERCERA CLASE.** - Son aquellas de una calzada que soportan menos de 400 veh/día. El diseño de caminos del sistema vecinal < 200 veh/día se rigen por las Normas emitidas por el MTC para dicho fin.

**TROCHAS CARROZABLES.** -Es la categoría más baja de camino transitable para vehículos automotores. Construido con un mínimo de movimiento de tierras, que permite el paso de un solo vehículo. Según el manual de especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito se distinguen tres tipos de afirmado y su aplicación está en función del IMD

**AFIRMADO TIPO 1:** Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo, con un índice de plasticidad hasta 9; excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica y aprobación del supervisor. El espesor de la capa será el definido en el presente Manual para el Diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clases T0 y T1, con IMD proyectado menor a 50 vehículos día.

**AFIRMADO TIPO 2:** Corresponde a un material granular natural o de grava seleccionada por zarandeo, con un índice de plasticidad hasta 9; excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica y aprobación del supervisor. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clase T2, con IMD proyectado entre 51 y 100 vehículos día.

**AFIRMADO TIPO 3:** Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo o por chancado con un índice de

plasticidad hasta 9; excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica y aprobación del supervisor. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clase T3, con IMD proyectado entre 101 y 200 vehículos día. Para el caso del porcentaje que pasa el tamiz 75 um (Nº 200), se tendrá en cuenta las condiciones ambientales locales (temperatura y lluvia), especialmente para prevenir el daño por la acción de las heladas. En este caso será necesario tener porcentajes más bajos al especificado que pasa el tamiz 75 um (Nº 200), por lo que, en caso no lo determine el proyecto, el supervisor deberá fijar y aprobar los porcentajes apropiados.

### **Requisitos mínimos para afirmado.**

Para la construcción de afirmados, con o sin estabilizadores, se utilizarán materiales granulares naturales procedentes de excedentes de excavaciones, canteras, o escorias metálicas, establecidas en el Expediente Técnico y aprobadas por el Supervisor; así mismo podrán provenir de la trituración de rocas, gravas o estar constituidos por una mezcla de productos de diversas procedencias. Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material. Para el traslado del material de afirmado al lugar de obra, deberá humedecerse y cubrirse con lona para evitar emisiones de material particulado, que pudiera afectar a los trabajadores y poblaciones aledañas. Los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales, deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas, según lo indicado en la siguiente figura 2.



Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	-.-	-.-	1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-.-	D 4791	-.-	20% máx.	20% máx.

**Figura 2** Requerimientos mínimos a nivel de afirmado según DG-2013-MTC.

**Fuente:** Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).

Además, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- ❖ Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- ❖ Límite líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- ❖ CBR (1): 40% mín. (MTC E 132)
- ❖ Referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5 mm)

#### **De la SubBase Granular:**

De acuerdo al MTC Manual de carreteras el material granular para la capa de subbase deberá cumplir los requisitos mínimos. Asimismo, se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos y las consideraciones de CBR mencionadas en este manual para el diseño del pavimento, y que según el caso deberá estar precisado en las Especificaciones del proyecto.

Valor Relativo de Soporte, CBR en SubBase Granular

<b>CBR en Subbase Granular</b>	<b>Mínimo 40%</b>
--------------------------------	-------------------

### DE LA BASE GRANULAR:

Según MTC Manual de carreteras el material granular para la capa de base deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en la Sección 403 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente). Asimismo, se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos y las consideraciones de CBR mencionadas en este manual para el diseño del pavimento, y que según el caso deberá estar precisado en las Especificaciones del proyecto.

**Tabla 3** Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular

<i>Para carreteras de segunda clase, tercera clase, bajo volumen de tránsito; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes &lt; 10x10<sup>6</sup></i>	<i>MINIMO 80%</i>
<i>Para carreteras de primera clase, carreteras duales o multicarril, autopista; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes &gt; 10x10<sup>6</sup></i>	<i>MINIMO 100%</i>

**Fuente:** Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).

### Características Climáticas en la Zona de Estudio.

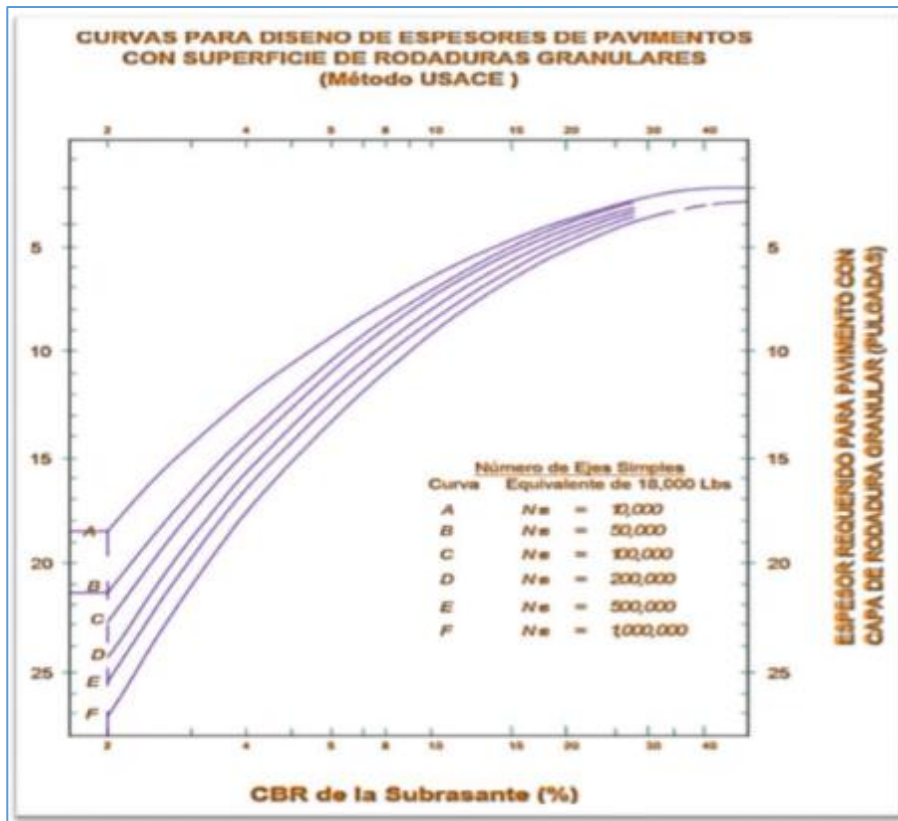
Según el Servicio de Hidrografía; el distrito de Lircay, de la Región de Huancavelica se caracteriza por ser una zona muy seca y fría, debido fundamentalmente a su ubicación altitudinal, sin embargo, por su cercanía al Río sicra que actúa como un efecto termorregulador, la temperatura del aire, promedio multianual durante el verano oscila alrededor de 10.5°C y durante el invierno entre 8° y 9°C; durante estas

temporadas, los valores promedios mensuales multianuales máximos y mínimos son alrededor de 16.5° y 0°C respectivamente; sin embargo, se han presentado temperaturas extremas de 20°C. La humedad relativa oscila alrededor del 55% en el verano y entre el 36% y 40% en el invierno.

### **Diseño del Pavimento**

Para el dimensionamiento del pavimento se usará el Método USACE, por tratarse de vías rurales de bajo tránsito y donde hay escasez de materiales de canteras que cumplan las especificaciones técnicas; esto mayormente ocurre en zonas de selva. También se puede utilizar el método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities) para el diseño del pavimento en función del CBR de la subrasante. A continuación, describiremos los métodos a poderse emplear:

El método USACE consiste en que el valor de CBR se ubica en las abscisas de la 9 luego se traza una recta vertical hasta intersectar con la curva correspondiente que representa los valores de los Ejes Equivalentes (N18), luego se traza una recta horizontal por el punto de intersección hallada anteriormente hasta intersectar con el eje vertical de la Figura 3 Curva para Diseño de espesores de pavimento y finalmente el punto de intersección hallado anteriormente, es el valor del espesor requerido para el pavimento con capa de rodadura granular en pulgadas.



**Figura 3** Curvas para Diseño de Espesores de Pavimento (MTC, 2008) Fuente: (MTC, 2008).

**Fuente:** Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).

El método de diseño de pavimentos NAASRA: Consiste en el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado, que se adoptó como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities (hoy AUSTROADS) que relaciona el valor de soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE (ejes 74 equivalentes). En la Figura 10 se aprecia las curvas para subrasante de acuerdo a los CBR obtenidos de ensayos en la misma y de acuerdo al tráfico ligero, se puede obtener el espesor de la capa de afirmado.

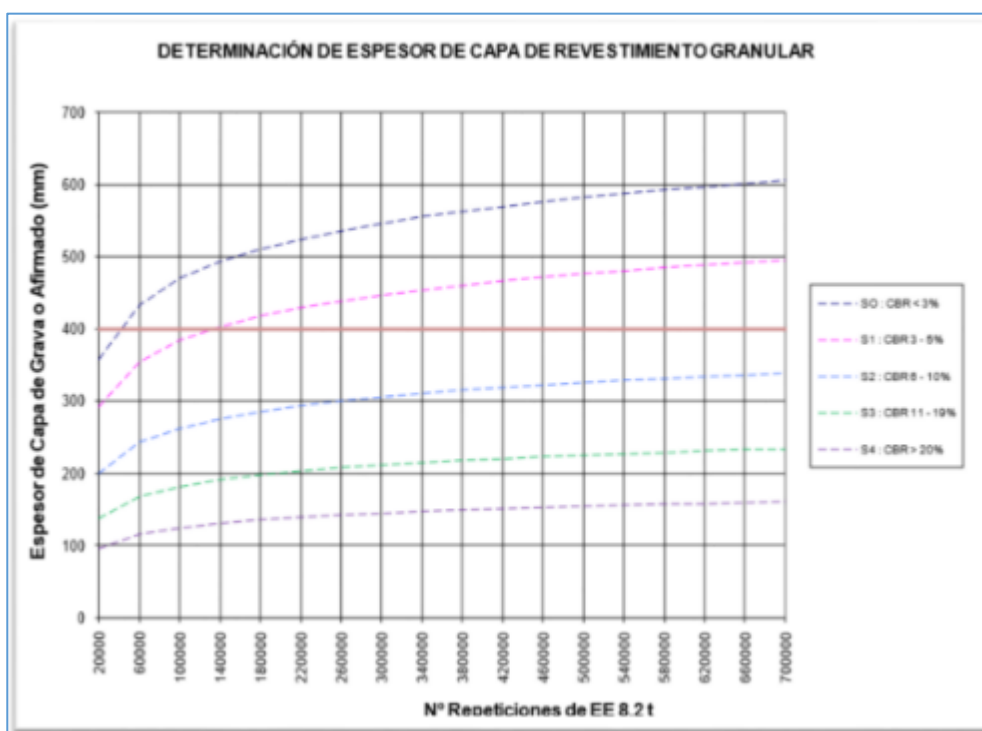
$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} (N_{rep}/120)$$

Donde:

$e$  = espesor de la capa de afirmado en mm.

**CBR** = valor de CBR de la subrasante.

**Nrep** = número de repeticiones de EE para el carril de diseño



**Figura 4** Curvas para Diseño de Espesores de Pavimento Fuente: (MTC, 2008).

**Fuente:** Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).

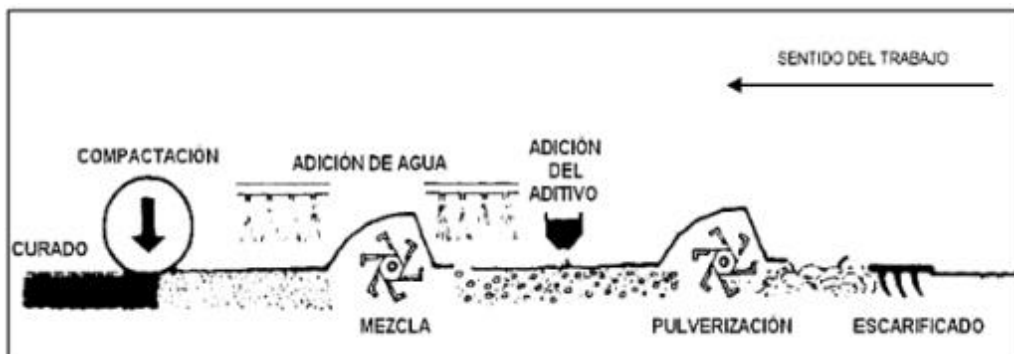
## Diseño del Pavimento

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una subbase granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc). La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la

incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

## **METODOLOGIA DE TRABAJO PARA ESTABILIZAR INSITU LA SUB RASANTE CON CENIZA ORGÁNICA.**

Es importante notar que el proceso de mezcla de los aditivos en el suelo es totalmente teórico, ya que fue utilizado exclusivamente para el cumplimiento de los objetivos de la investigación. En el caso de la mezcla de suelo in situ, se realizan procesos de trabajo distintos, donde resaltan el escarificado y pulverizado del suelo natural; la aplicación del aditivo y agua; la mezcla y compactación del suelo compuesto; y finalmente el curado del material.



**Figura 5** Esquema de la ejecución de una estabilización de mezcla in situ. Adaptado de “Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito” por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) del Perú, 2015.

**Fuente:** Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).

## **NORMATIVIDAD**

La presente investigación, se desarrollará teniendo en cuenta

- a) Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito. Aprobado con Resolución Ministerial N° 303-2008-MTC/02 con fecha 04 de abril del 2008. El manual organiza y recopila las técnicas de diseño para vías, y da un alcance de tecnologías apropiadas que generen el uso

intensivo de mano de obra y de recursos locales. La normatividad vial es dinámica con los avances y parámetros de la ingeniería vial, por lo que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), realizara las correcciones y actualizaciones debidamente justificadas para la vigencia del presente manual.

- b)** El Manual de Ensayo de Materiales, tiene por finalidad estandarizar los procedimientos, para la ejecución de los ensayos de laboratorio, que son utilizados en los proyectos de infraestructura vial, con el objetivo es garantizar su comportamiento, y que se alcance los estándares de calidad propuestos en los estudios, para las obras y actividades de mantenimiento vial.
  
- c)** El Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en su sección Suelos y Pavimentos, forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC, el cual propone como una guía y herramienta para los Ingenieros relacionados al diseño estructural de los pavimentos, con el único fin de homogenizar y estandarizar los diseños, tomando en cuenta la experiencia y estudio sistemático de las características y comportamiento de los materiales y de acuerdo a las condiciones específicas de los diversos factores que inciden en el desempeño de los pavimentos, como el tráfico, el clima y los sistemas de gestión vial.
  
- d)** Norma CE.010. Aprobado por Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, en lo referente a la Norma Técnica CE.010 Aceras y Pavimentos. Esta Norma tiene por finalidad establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la mecánica de suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, con el de asegurar la estabilidad, durabilidad, el uso racional de los recursos.

- e) Ley n°28611-Ley General del Medio Ambiente. Mediante esta ley se reglamentan aspectos relacionados a la materia ambiental en el Perú. Asimismo; por un lado, plantea a los ciudadanos una serie de derechos con relación al tema ambiental, en tanto que se debe garantizar un ambiente saludable, equilibrado y apropiado para el desarrollo de la vida; y por otro lado, deberes, en la medida en que todos estamos obligados a contribuir a una efectiva gestión ambiental y a proteger el ambiente. Cabe mencionar que, uno de los objetivos de la mencionada ley, es la regulación de los numerosos instrumentos que contribuyen a la gestión ambiental del país; y uno de los más significativos aportes es la consagración de la responsabilidad por daño ambiental.

Esta ley, nos informa sobre el estándar de calidad ambiental (eca), que es un indicador de la calidad ambiental, que mide la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos que se encuentran presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan peligro para los seres humanos ni para el ambiente.

### **2.3. Definición De Términos**

#### **Pavimento.**

Es un elemento de varios recubrimientos construida sobre la sub-rasante, estas capas permiten al pavimento soportar y distribuir esfuerzos que son originados por los vehículos para mejorar las condiciones de seguridad y comodidad en el tránsito. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013)

#### **Rasante.**

Es la capa inferior a la capa de rasante, que tiene como principal función de sostener, repartir y transferir las cargas ocasionadas por el tránsito.



Esta capa será de material granular drenante ( $\text{CBR} \geq 80\%$ ), puede ser tratada con asfalto, cal o cemento, etc. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013)

### **Base.**

Es el recubrimiento inferior a la capa de rasante, que tiene como principal función de soportar, repartir y transferir las cargas provocadas por el tránsito.

Esta capa será de un material granular drenante ( $\text{CBR} \geq 80\%$ ), también puede ser tratada con asfalto, cal o cemento. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013).

### **Sub base.**

Es un recubrimiento de material determinado y con un espesor de diseño, que tiene como función resistir a la base y a la carpeta. Principalmente se utiliza como capa de controlador de la capilaridad del agua, y drenaje.

Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Este recubrimiento puede ser de material granular ( $\text{CBR} \geq 40\%$ ), puede ser estabilizado con cal o cemento. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013).

### **Sub-rasante**

Es el área excavada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, que puede ser corte o relleno, sobre la cual se coloca la estructura del pavimento. La subrasante es el firme donde se coloca la estructura del pavimento.

La sub-rasante es la capa de fondo de las excavaciones en terreno natural, que resistirá las capas del pavimento, generalmente está conformada por suelos seleccionados de características óptimas y compactadas por capas

para constituir un firme estable, de tal manera que no se vea afectada por las cargas constantes de los vehículos, especialmente de carga pesada.

En el proceso de construcción, los últimos 0.30 metros de suelo debajo del nivel superior de la sub-rasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca, que se obtienen con el ensayo de Proctor modificado. Los suelos por debajo del nivel superior de la sub-rasante, en una profundidad no menor de 0.60 metros, deberán ser suelos óptimos y estables con  $\text{CBR} \geq 6\%$ . En caso el suelo, debajo del nivel superior de la sub-rasante, tenga un  $\text{CBR} < 6\%$  es denominada una sub-rasante inadecuada, y se procederá a realizar la una alternativa de estabilización que puede ser mecánica, que se refiere al reemplazo del suelo de cimentación, o también se puede realizar una estabilización química, que se emplea un aditivo estabilizador como: cal, cemento, ceniza vegetal, estabilización con geosintéticos, etc. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013).

### **Estabilización de suelos**

Es el mejoramiento de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de un estrato de suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o artificiales. Las estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de sub-rasante inadecuado o deficiente, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos.

La estabilización de suelos consiste en mejorar la resistencia y durabilidad ante cargas las cargas constantes de vehículos, especialmente vehículos pesados.

Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el tipo de aplicación del estabilizante, es seguido de un trabajo de compactación.

Sin embargo, debe destacarse que es necesario realizar ensayos de laboratorio, que garanticen un buen trabajo. Además, se debe garantizar que la ejecución de la obra vial deber de forma segura, con el equipo adecuado. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013).

### **Criterios para establecer la estabilización**

Se consideran como materiales óptimos para las capas de la sub-rasante suelos con  $CBR \geq 6\%$ . En caso de ser menor es considerada como inadecuada, o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas como arenas y limos, será materia de un estudio realizando ensayos de laboratorio para determinar la estabilización, mejoramiento o reemplazando el material de sub-rasante, el ingeniero analizará diversas opciones de estabilización, dentro de ellos considerara: estabilización mecánica, Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con productos químicos, con el único fin que mejoran las propiedades del estrato de suelo. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013). Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa, y esta capa se humedece, sus partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas y haciendo que estas sean inestables, para solucionar este problema se deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10 cm. de espesor como mínimo o un geotextil. (Manual de carreteras suelo, geologia, geotecnia y pavimentos, 2013).

Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario definir el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas. (Manual de carreteras suelo, geologia, geotecnia y pavimentos, 2013).

### **Cenizas volantes**

“Se caracterizan por su bajo contenido de cal y alto contenido de sílice, se pueden utilizar como aditivo estabilizador para suelos, para tal fin es necesario la adición de un agente activador rico en cal.

El agente activador provee la cal necesaria para que se produzca la reacción puzolánica, mientras que la ceniza provee los compuestos puzolánicos, sílice y alúmina. Es así como las mezclas cal - ceniza volante pueden ser usadas para estabilizar suelos gruesos, suelos arcillosos y suelos arenosos. Las cenizas provenientes de la quema de madera, tienen un punto de fusión entre 1300-1400°C, por tal motivo se los denomina biocombustibles, su densidad es 1,3 T/m<sup>3</sup>, y su color es grisáceo

Las cenizas volantes provienen de la combustión en las centrales termoeléctricas. La composición de las clases de ceniza y el porcentaje de carbón encontrado en éstas, depende del procedimiento que se realice en cada una de las fábricas de la termoeléctrica.

Las cenizas son granos finos compuestos básicamente por silicatos, aluminios, cal libre y algunos óxidos que permiten una reacción puzolánica con el suelo arcilloso que al igual que otras sustancias también reduce el índice de expansión.

### **Cenizas FBC (Fluidized Bed Combustión)**

Se diferencian de las cenizas volantes comunes, principalmente en su contenido de cal, lo que las hace útiles para mejorar suelos finos arcillosos. La adición de ceniza FBC volante, puede aumentar de 2 a 3 veces la resistencia a la compresión no confinada del suelo, y mejorar su estabilidad bajo agua. (Guillermo Thenouk, 2015).

### **Ceniza orgánica**

Proviene de la quema de diferentes tipos de trozos y tallos, los más comunes son las cenizas de eucalipto, cenizas de bagazo de caña, cenizas de cáscara de arroz, estas cenizas presentan propiedades de un material puzolánico, altas proporciones en sílice y alúmina.

Al ser mezclado con agua éste reacciona químicamente, obteniendo propiedades cementantes. (Edwin Cañar, 2017).

### **Estabilización de sub rasante con ceniza organica.**

Una concentración de 25% a 35% de cenizas en el suelo o sub-rasante, puede resultar muy beneficiosa, obteniendo resultados favorables en la estabilización, reduciendo el límite líquido del mismo modo también reduce el índice plástico del suelo. Las reacciones puzolánicas permiten incrementar la capacidad de soporte o resistencia de la sub-rasante y con ello mejorar óptimamente las estructuras viales en carreteras. (Rocio Perez, 2012).

Existen tres mecanismos principales para lograr la estabilización. El primero es que la resistencia del suelo aumenta como resultado de la cementación producida por la hidratación de aluminato tricálcico presentes en las cenizas volantes. Otro mecanismo es que la cal libre (CaO) en las cenizas volantes reacciona químicamente con los minerales de arcilla, causando compresión de la capa de absorción y la reducción en la plasticidad. Y por último, la cal libre que hace reaccionar con los minerales de arcilla, se encuentra disponible para el proceso de cementación adicional a través de la reacción puzolánica con los compuestos de sílice y alúmina. (Carolina Perez, 2014).

### **CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)**

El número CBR, se obtiene de la relación de la carga unitaria (lbs./pulg<sup>2</sup>) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de penetración (19.4 cm<sup>2</sup>), dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón (lbs./pulg<sup>2</sup>) requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013).

## **Bituminoso**

Los materiales bituminosos son sustancias de color negro, sólidas o viscosas, adaptable, que se ablandan por el calor y comprenden aquellos cuyo origen son los crudos petrolíferos como también los obtenidos por la destilación destructiva de sustancias de origen carbonoso. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013).

## **Esfuerzos**

Son las fuerzas internas, ocasionados por las cargas, sometidas a un elemento resistente. Los esfuerzos pueden ser: esfuerzos compuestos y esfuerzos variables. (Jorge Salazar, 2007).

## **Compactación**

La compactación es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades. Para lograr la compactación óptima se realiza con maquinaria pesada como el rodillo. (Patricia Vila, 2013).

## **Puzolánico**

Materia esencialmente silicosa que finamente dividida no posee ninguna propiedad hidráulica, pero posee constituyentes como el sílice y alúmina, que, a temperatura ordinaria, pueden fijar el hidróxido de cal para dar compuestos estables con propiedades hidráulicas, favoreciendo la estabilización. (Alejandro Salazar, 1968).

## **Granulometría**

Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se define con el análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de

partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre, aberturas cuadradas, según se especifica en la norma. (Manual de ensayos de laboratorio, 2016).

## **2.4. Hipótesis.**

### **2.4.1. Hipótesis General.**

El efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas es aceptable, según los resultados obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos.

### **2.4.2. Hipótesis específicas.**

- a) Las características físicas del suelo para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas son inestables, debido a su granulometría predominante fina y su estructura macroporosa muy alta.
- b) Las características químicas para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas son favorables por sus propiedades químicas cementantes.
- c) La dosificación correcta para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas es aceptables según resultados obtenidos del ensayo de mecánica de suelos.

## **2.5. Variables.**

### **2.5.1. Definición conceptual de la variable.**

**Variable independiente (X): Ceniza Orgánica.**

La ceniza orgánica proviene de la quema de diferentes tipos de trozos y tallos, los más comunes son las cenizas de madera especialmente el eucalipto, cenizas de bagazo de caña, y cenizas de cáscara de arroz, estas cenizas presentan propiedades de un material puzolánico, altas proporciones en sílice y alúmina, a la presencia de agua éste reacciona químicamente y obtiene propiedades cementantes, que favorecen a la estabilización de suelos. (Edwin Cañar, 2017).

### **Variable dependiente (Y): Estabilización de suelos.**

Se define como el mejoramiento de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de un suelo a través de métodos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o artificiales.

La estabilización, de un tipo de suelo, se realiza para obtener firmes más estables, resistentes y duraderos.

Existen muchos tipos de estabilización, los más conocidos son suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013).

### **2.5.2. Definición de operacionalización de la variable.**

Carrasco (2009) Es un proceso metodológico que consiste en descomponer deductivamente las variables que componen el problema de investigación, partiendo desde lo más general a lo más específico; es decir que estas variables se dividen (si son complejas) en dimensiones, áreas, aspectos, indicadores, índices, subíndices, ítems; mientras si son concretas solamente en indicadores, índices e ítems.



### 2.5.3. Operacionalización de las variables.

**Tabla 4:** Operacionalización de las variables.

“Variable”	“Definición”	“Dimensiones”	“Indicador”	“Unidad de medición”
“Variable Independiente” “Ceniza Orgánica.”	<p><b>“Ceniza Orgánica:</b> Proviene de la quema de diferentes tipos de trozos y tallos, los más comunes son las cenizas de eucalipto, presentan propiedades de un material puzolánico, químicamente tiene propiedades cementantes.”</p>	“Características Químicas”	“Análisis Químico de la Ceniza Orgánica”	“% de Elementos químicos que los componen.”
	<p><b>“Estabilización de suelos:”</b> “Se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales”</p>		“Características Físicas del suelo”	<p>“Análisis granulométrico” “Clasificación de suelos” “Límites de consistencia” “Proctor Modificado”</p>
“Variable Dependiente” Estabilización de suelos.”		“Dosificación correcta de ceniza orgánica”	“CBR”	“%”

**Fuente:** elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1. Método de investigación:**

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el método científico, que permitirá el estudio sistemático, controlado, empírico y crítico de proposiciones hipotéticas acerca de presuntas relaciones entre varios fenómenos. Sistemática porque no deja los hechos a la casualidad, sino que se trata de una actividad disciplinada. Empírica porque se trata de recolectar y analizar datos de la realidad. Finalmente, es crítica por que evalúa y mejora de manera constante. Las teorías científicas, destinadas a explicar de alguna manera los fenómenos que observamos, deben apoyarse en experimentos que certifiquen su validez. El pilar básico del método científico es la reproducibilidad, es decir, la capacidad de repetir un determinado experimento. (Sampieri & Baptista, 1997) (7).

#### **3.2. Tipo de investigación:**

La investigación correspondió según su finalidad o propósito a una investigación Aplicada, porque se enfoca en encontrar estrategias para lograr un objetivo específico y ponerlo en práctica, según su énfasis de datos es cuantitativa. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de

implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. (Vargas, 2009) (8).

### **3.3. Nivel de investigación:**

El nivel de la investigación correspondió al experimental, puesto que, pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian. En la presente investigación se analizaron los efectos de la ceniza orgánica en la estabilización de suelos arcillosos. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2010) (9).

#### **Diseño de investigación**

El diseño de la investigación para la presente tesis es cuasiexperimental ya que se manipulará una variable independiente para observar sus cambios en las variables dependientes en una situación de control. Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2010) (10)

Esquema del diseño

Ge x 01

Gc – 02

#### **Donde:**

**Ge** = grupo experimental.

**Gc** = grupo de control.

**X** = Estimulo.

- = No se aplica el estímulo.

**01 - 02** = Pos prueba.

### **3.5. Población y muestra:**

#### **Población:**

El presente trabajo de investigación tuvo como población la avenida vía evitamiento de una longitud aproximada de 1.5 km, del distrito de Lircay provincia de Angaraes Departamento de Huancavelica.

#### **Muestra:**

Tipo de muestreo no probabilístico o por conveniencia, debido a que los agentes vinculantes a la población fueron de directa e intencionalmente escogidos por el tesista Bach. Jean Pierr Galarza Alvarez, por consiguiente, se tomó el área que presentaba más irregularidades. Como muestra poblacional se tuvo el tramo desde el Km 0, hasta el Km 0.6 de la vía en estudio, del distrito de Lircay provincia de Angaraes región Huancavelica.

### **3.6. Técnicas, instrumentos de recolección de datos:**

#### **Técnicas:**

- Ensayos de laboratorio.
- Análisis de datos.

#### **Instrumentos:**

- Formatos de ensayos de laboratorio.
- Ficha de análisis de dosificación Sub-rasante – ceniza vegetal.

### **3.7. Procesamiento de la información**

Para el procesamiento de datos se utilizó el programa Microsoft Word, Excel y autocad civil 3D.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

La interpretación, tabulación y análisis de datos, se realizó con el uso de hojas de cálculo Excel. También se contrastaron los resultados obtenidos con el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

### 3.8.1. Fase de pre campo

Se realizó la revisión bibliográfica de diferentes tesis, que servirán como información preliminar para la presente investigación.

También se revisaron revistas y guías, relacionado a la estabilización de sub-rasante; además se revisó normas y manuales referidos a la estabilización, como: Manual de carreteras de bajo volumen de tránsito, manual de ensayos de laboratorio, Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, norma CE.010 pavimentos urbanos, con el fin de aplicar los conocimientos previos a la realización de la presente investigación.

Se ha seleccionado la vía en estudio Av. Vía evitamiento cuadras de la 1 a la 5, en la provincia de Angaraes.



**Figura 6** Av. Vía evitamiento cuadras de la 1 a la 5.

**Fuente:** Elaboración propia.

También se elaboró instrumentos de recolección de datos, tales como:

### **Análisis granulométrico**

**Tabla 5** Formato para el análisis granulométrico

<b>Análisis Granulométrica Por Tamizado</b>		
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>% que pasa</b>
3"	75.000	
2"	50.000	
1 1/2"	37.500	
1"	25.000	
3/4"	19.000	
3/8"	9.500	
N°4	4.750	
N°10	2.000	
N°20	0.850	
N°40	0.425	
N°60	0.250	
N°140	0.106	
N°200	0.075	

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Distribución granulométrica**

**Tabla 6** Formato para la clasificación granulométrica

<b>Muestra</b>	<b>Porcentajes</b>	
	% Grava	GG %
		GF %
	% Arena	AG %
		AM %
		AF %
	% finos	
	Tamaño Maximo de Grava (pug)	
	Forma del suelo grueso	
	Porcentaje retenido en la malla 3" (%)	
	Coeficiente de Curvatura	
	Coeficiente de Uniformidad	

**Fuente:** Elaboración propia.

## Límites de consistencia

**Tabla 7** Formato para los límites de consistencia.

Muestra	Porcentaje	
	Limite liquido	
	Limite plástico	
	Índice de plasticidad	

**Fuente:** Elaboración propia.

## Proctor modificado

**Tabla 8** Formato para el ensayo de proctor modificado

Ensayo proctor modificado - Método A				
Volumen del molde				
Peso suelo + molde				
Peso del molde				
Peso suelo húmedo compactado				
Peso volumétrico húmedo				
Recipiente N°				
Peso suelo húmedo + tara				
Peso suelo seco + tara				
Tara				
Peso del agua				
Peso suelo seco				
Contenido de agua %				
Peso volumétrico seco				

**Fuente:** Elaboración propia.

## Ensayo de relación de soporte california CBR

**Tabla 9** Formato para el ensayo de CBR

Ensayo De CBR						
Espécimen	N° de golpes	Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.8.2. Fase de campo Levantamiento topográfico

Se realizó un recorrido por la Av. Vía evitamiento cuadras del 1 al 5, recorriendo un total de 604 metros, con el fin de conocer las características y accesos que presenta la vía.

Se realizó el levantamiento topográfico de la vía en estudio Av. Vía evitamiento cuadras de la 01 a la 05, teniendo en cuenta las características de la vía, pendientes, cotas y distancias, además de representar las características propias de la vía en estudio.

El levantamiento topográfico se realizó con estación total de marca Leica, modelo TS-16, trípode, 01 prisma, flexometro, gps.

Primer paso, se estaciono el equipo, luego se anotó las coordenadas obtenidas del GPS, seguidamente se introdujeron los datos requeridos por la estación total.

Segundo paso, se procedió a realizar el levantamiento topográfico visando los puntos más relevantes de la vía en estudio como el eje de vía ancho de vía, canal pluvial, pontón, esquinas de terrenos colindantes a la vía en estudio.



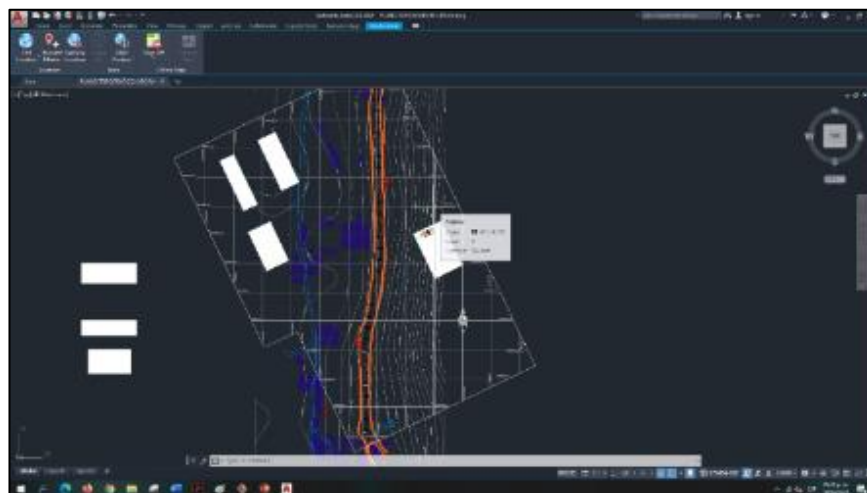
Tercer paso, se procedió a realizar el levantamiento topográfico visando los puntos más relevantes de la vía en estudio.



**Figura 7** Levantamiento Topográfico.

**Fuente:** Captura Fotográfica de campo.

Cuarto paso, se obtuvieron los datos de la estación total, luego se exportaron las coordenadas al autocad civil, y finalmente se trazó el plano representando sus características.



**Figura 8** Plano topográfico.

**Fuente:** AutoCad Civil 3D

## Calicatas y obtención de muestras de suelos

Se seleccionó el lugar donde se harán las calicatas, para obtener las muestras de sub-rasante, que posteriormente serán analizados en el laboratorio de suelos.

Para la presente investigación se realizó 01 calicata, en la vía en estudio Av. Vía evitamiento cuadras del 01 al 05; dicha vía, tiene una longitud de 604 m. y un ancho de vía de 18 m. la calicata tiene las siguientes características:

**Tabla 10** Características de excavación de las calicatas.

Calicata	Progresiva	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
O1	0+150	1.00	1.00	1.50
O2	0+430	1.00	1.00	1.50

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 11** Ubicación de calicatas.

Calicata	Norte	Este	Altitud
O1	8562,962.615	530,343.655	3278.72
O2	8563,158.899	530,340.049	3278.82

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 12** Cantidad de muestra de suelo.

Calicata	Cantidad
O1	65 kg
O2	70 kg

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 9** Excavación de la calicata 01 progresiva 0+325.00

**Fuente:** Captura Fotográfica Campo.



**Figura 10** Excavación de la calicata 01 progresiva 0+325.00

**Fuente:** Captura Fotográfica Campo.

### Obtención de muestras de ceniza vegetal

Se realizó un recorrido por las fábricas de ladrillo artesanal, que están ubicados en el barrio Miraflores que pertenecen al distrito de Cochas, para obtener muestras de ceniza vegetal, las mismas que servirán como aditivo para poder estabilizar la sub-rasante.

Se realizó una encuesta y entrevista a los dueños de las fábricas de ladrillo artesanal, y se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 13** Cantidad de ceniza vegetal producido por los hornos de ladrillo artesanal.

Horno	“Cantidad de ceniza vegetal producida por calcinación”	“Cantidad de ceniza vegetal producida por mes”	“cantidad de ceniza vegetal producida al año”
01	de 2.00 m <sup>3</sup> a 2.5 m <sup>3</sup>	4.50 m <sup>3</sup>	55.00 m <sup>3</sup>
02	de 2.00 m <sup>3</sup> a 3.00 m <sup>3</sup>	5.00 m <sup>3</sup>	65.00 m <sup>3</sup>
03	de 2.50 m <sup>3</sup> a 2.90 m <sup>3</sup>	5.40 m <sup>3</sup>	65.80 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 14** Total de ceniza vegetal producido por los hornos de ladrillo artesanal.

“Cantidad promedio de ceniza vegetal producida al año”	“N° de fábricas de ladrillo artesanal”	“Total de ceniza vegetal producido al año”
60.00 m <sup>3</sup>	200	12,000.00 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 11** Entrevista a propietario de horno de ladrillo.

**Fuente:** Captura Fotográfica Campo.

Se tomaron 03 muestras de ceniza vegetal, de 3 hornos de ladrillo artesanal diferentes, la ubicación de los hornos de ladrillo y la cantidad de muestra son los siguientes:

**Tabla 15** Ubicación de Hornos de ladrillo artesanal.

Horno	Norte	Este	Altitud
O1	8698237.46	447693.63	3354.00
O2	8697832.93	449649.96	3355.00
O3	8698103.36	448713.69	3354.00

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 16** Cantidad de muestra de ceniza vegetal.

Horno	Muestra de ceniza vegetal
O1	29.99 kg
O2	29.99 kg
O3	29.99 kg

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 12.** Obtención de muestra de ceniza vegetal.

**Fuente:** Captura Fotográfica Campo.

### **3.8.3. Fase de gabinete**

#### **Ensayos de laboratorio**

##### **a) Ensayo de análisis granulométrico**

Para determinar el análisis granulométrico se tendrá como referencia, la norma técnica peruana (NTP 339.128).

#### **Equipos:**

- Cuarteador.
- Balanza de 0.1.
- Juego de tamices 3", 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200.
- Horno de temperatura constante de 110 °C.
- Bandejas.
- Brochas, para el limpiado de las mallas de los tamices.

#### **Procedimiento:**

- Tomar aproximadamente 50 kg de la muestra de cada calicata.
- Cuartear la muestra.
- Secar la muestra representativa en el horno a una temperatura de 110 °C por periodo de 24 horas.
- Dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente y pesar la cantidad requerida para el ensayo.
- Disgregar los grumos (terrones) del material con el martillo de goma.
- Luego todo el material pasa por el juego de tamices, haciendo movimientos horizontales y circulares.
- Se procede a anotar los pesos retenidos en cada tamiz.



**Figura 13** Ensayo de granulometría.

**Fuente:** Captura Fotográfica Laboratorio.

## **b) Ensayos para determinar límites de consistencia Límite Líquido**

Para determinar el límite líquido se tendrá como referencia, la norma técnica peruana (NTP 339.129).

### **Equipos:**

- Capsula de evaporación
- Espátula
- Copa casa grande
- Acanalador
- Calibrador
- Taras
- Estufas

### **Procedimiento:**

- Se toma la muestra de suelo que pasa por la malla N° 40.

- Se deposita en una tara se le agrega agua y se procede a mezclar.
- Se coloca una porción de suelo mezclado con la espátula.
- Se procede a realizar el N° de golpes con la manivela hasta que la parte inferior de las dos porciones del suelo separadas por el acanalador se unan.
- Se toma la muestra y se vuelve a agregar agua, seguidamente se procede a realizar los pasos anteriores.
- Luego se determina cual es la humedad para 25 golpes y ese valor es el límite líquido (LL).

Los cálculos a realizarse, utilizando la siguiente formula:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

### **c) Límite plástico e índice de plasticidad**

“Para determinar el límite plástico e índice de plasticidad, se tendrá como referencia, la norma técnica peruana (NTP 339.129).”

#### **Equipos:**

- Espátula.
- “Capsula para evaporación.
- Balanza.
- Horno
- Tamiz.
- Vidrios de reloj.
- Agua destilada.

#### **Procedimiento:**

- Se toma aprox. 50 gr de muestra q paso el tamiz N° 40, se amasa con el agua destilada, se forma una esfera y se toma unos 6 gr como muestra del ensayo.



- Seguidamente se forma esferas con la muestra y estas al ser aplastada con los dedos no debe de apegarse. En caso se va secando se añade agua.
- Luego sobre la plancha de vidrio, se forman unos pequeños cilindros.
- Si dicho cilindro llega a 3.2 mm y no se ha desmoronado se realiza lo mismo hasta lograr que se desmorone.
- Luego se junta las muestras hasta reunir un aproximado de 5 gr y se determina la humedad.

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo con la siguiente ecuación matemática:

$$I. P. = L. L. - L. P.$$



**Figura 14.** Equipos utilizados para el ensayo de límites de consistencia.

**Fuente:** Captura Fotográfica Laboratorio.

#### **d) Análisis químico de la ceniza orgánica**

Se realizó un análisis químico, de la ceniza orgánica, para determinar sus componentes y porcentajes que presentan.

Este estudio nos permitirá estudiar a los componentes de la ceniza orgánica y su influencia en la estabilización de la sub-rasante.

### **e) Compactación Proctor modificado**

Para realizar el ensayo de Proctor modificado se tiene como referencia normas ASTM D-1557, MTC E 115

#### **Equipos:**

- Molde de 6 pulgadas.
- Pisón o martillo.
- Probeta graduada de 500 cm<sup>3</sup>.
- Balanza con una aproximación de 1 gramo.
- Horno.
- Una regla metálica.
- Tamices de 3/4, 3/8 y N° 4.
- Herramientas de mezcla (bandejas, taras, cucharas, espátula).

#### **Procedimiento:**

- Secar el material si este estuviera húmedo, puede ser al aire libre o al horno.
- Disgregar los terrones de material fino pasando el rodillo sobre una superficie plana.
- Tamizar a través de las mallas 3/4, 3/8, y N° 4 para determinar el método de prueba (aprox. 6 kg de muestra de suelo).
- Preparar 4 muestras de 6 kg cada una.
- “Agregar agua en varios porcentajes, para cada una de las muestras.”
- Colocar la primera capa en el molde y aplicar 56 golpes con el pisón.”

- “Los golpes deben ser aplicados en toda el área, girando el pisón adecuadamente, cada golpe debe ser aplicado en caída libre, soltar el pisón en el tope, hasta completar las 3 capas.”
- “La última capa debe quedarse en el collarín de tal forma que luego pueda enrasarse el molde con una regla metálica quitando previamente el collarín.”
- “Retirar la base y registrar el peso del suelo más molde.”
- “Luego de pesado, extraer el suelo y tomar una muestra para el contenido de humedad, como mínimo 500 gr. Para material granular tomar la parte central del molde.”
- “Llevar las muestras al horno para determinar el contenido de humedad.



**Figura 15** Ensayo de Proctor modificado.

**Fuente:** Captura Fotográfica Laboratorio.

## **f) Ensayo de CBR**

Para determinar el ensayo de CBR, se tendrá como referencia ASTM D – 1883.

### **Equipos:**

- Molde metálico cilíndrico de compactación de 15.24 cm de diámetro interior y 17.78 cm de altura interior. Debe tener un collarín de extensión metálica de 5.08 cm de altura y una placa base metálica de 9.5 mm de espesor, con perforaciones de diámetro igual o menor a los 1.5 mm.
- Martillo de compactación proctor estándar modificado.
- Maquina CBR equipada con pistón de penetración (diámetro de 4.953 cm, con sección transversal de 19.4 cm<sup>2</sup>) y capaz de penetrar a una velocidad de 1.27 mm/min y con anillo de carga de 50 KN.
- Papel filtro circular.
- Horno
- Herramientas u accesorios, recipientes llenos de agua y tamices de  $\frac{3}{4}$ , y N° 4.

### **Procedimiento:**

- Se preparó 6.00 kg de suelo de grano fino menor que el tamiz N° 4 de material con partículas menores de 19 mm (3/4"). Esta muestra debe de estar seca y los terrones se deben de disgregar evitando reducir el tamaño natural de las partículas.
- Pesar el molde sin su base.
- "Compactar el suelo de acuerdo con la norma ASTM D 698 o D 1557."

- quitar el collarín y enrasar la muestra suavemente hasta nivelarla, llenar con suelos finos los pequeños huecos que se hayan podido formar en la operación anterior de nivelación de la muestra.
- Retirar la base, pesar el molde con el suelo compactado y determinar el peso unitario total del suelo. Nota este procedimiento es para determinar el CBR al 100% de compactación. Si se deseara realizar a distintos porcentajes de compactación se utilizarán números de golpes de 56, 25 y 10 para cada muestra.
- Se lleva la muestra a la máquina de ensayo y se colocan sobre ella una cantidad de pesas para producir una sobrecarga igual a la que supuestamente ejercerá el material de base y pavimento del camino proyectado.
- Se coloca el pisón de penetración hasta que haga contacto con la muestra.
- Finalmente se retira el total de la muestra de suelo del molde.



**Figura 16** Ensayo de penetración CBR.  
**Fuente:** Captura Fotográfica Laboratorio.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Resultados específicos

las características físicas del suelo para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas son: los siguientes:

Se realizó 02 calicatas en las progresivas 0+150 y 0+430 ambas calicatas de 1.60 metros de profundidad; además se obtuvo 65 kg a 70 kg de cada muestra de calicata.

Luego se realizaron los ensayos de granulometría, se determinó los límites de consistencia y finalmente se realizó la clasificación de suelos.

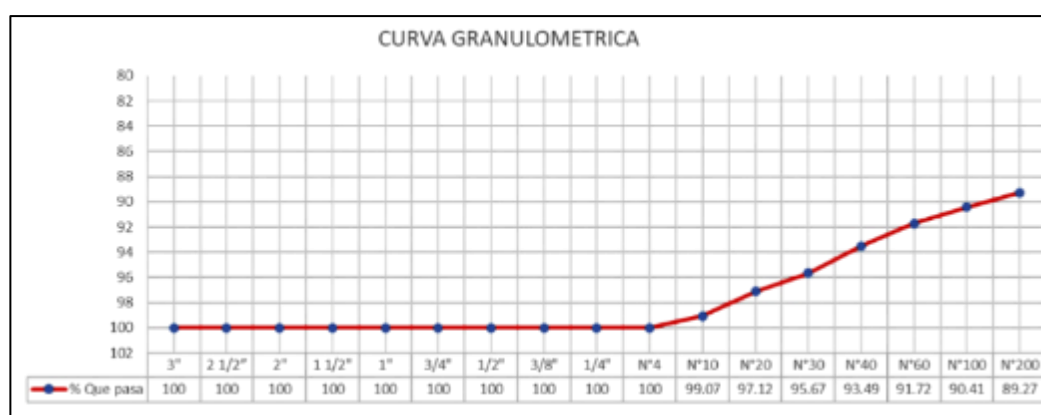
Las características físicas que presenta la sub rasante son:

**Tabla 17** Análisis granulométrico, muestra 01.

Muestra	Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
O1	3"	75.000	100
	2 1/2"	63.500	100
	2"	50.800	100
	1 1/2"	38.100	100
	1"	25.400	100
	3/4"	19.000	100
	1/2"	12.700	100

	3/8"	9.500	100
	1/4"	6.350	100
	N°4	4.760	100
	N°10	2.000	99.07
	N°20	0.840	97.12
	N°30	0.590	95.67
	N°40	0.425	93.49
	N°60	0.260	91.72
	N°100	0.149	90.41
	N°200	0.075	89.27
FONDO		574.00	0.00

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 17** Curva granulométrica, muestra 01.

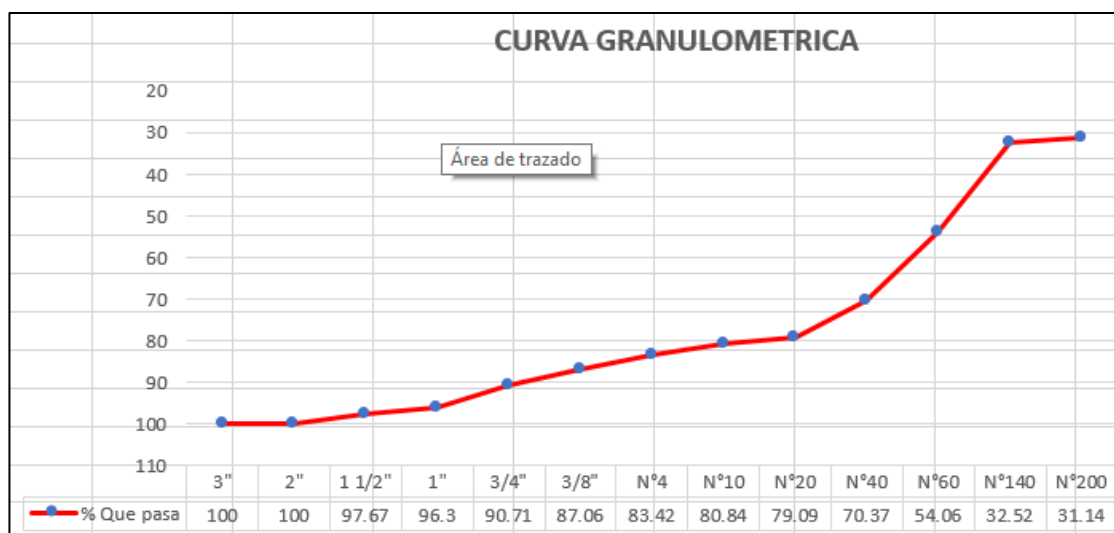
**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 18** Análisis granulométrico, muestra 02.

Muestra	Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
O2	3"	75.000	100
	2"	50.000	100
	1 1/2"	37.500	97.67
	1"	25.000	96.3
	3/4"	19.000	90.71
	3/8"	9.500	87.06
	N°4	4.750	83.42
	N°10	2.000	80.84
	N°20	0.850	79.09
	N°40	0.425	70.37
	N°60	0.250	54.06
	N°140	0.106	32.52
	N°200	0.075	31.14

**Fuente:** Elaboración propia.





**Figura 18** Curva granulométrica, muestra 01.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 19** Clasificación granulométrica.

Muestra	Fino	Arena	Grava
O1	89.27%	10.73%	0.00%
O2	31.14%	52.28%	16.58%

**Fuente:** Elaboración propia.

De la clasificación granulométrica de la muestra de la calicata 01, se determinó que contiene 89.27% de fino, 10.73 de arena, no contiene grava, en su composición granulométrica. Y del análisis granulométrico de la muestra de la calicata 02, se determinó que contiene 31.14% de finos, 52.28% de arena y 16.58% de grava.

De ambas muestras de suelo sub-rasante, se determinó que contienen un alto porcentaje de finos y arena, haciendo que este tipo de suelo en la sub- rasante ante la interacción y/o saturación de agua sea inestable.

**Tabla 20** Límites de consistencia.

Muestra	Porcentaje	
O1	% LIMITE LIQUIDO	38.29
	% LIMITE PLASTICO	17.76
	% INDICE PLASTICO	20.53
O2	% LIMITE LIQUIDO	N.P
	% LIMITE PLASTICO	N.P
	% INDICE PLASTICO	N.P

**Fuente:** Elaboración propia.

En cuanto a los límites de consistencia de la muestra de la calicata 01, presenta un límite líquido de 38.29%, un límite plástico de 17.76% y un índice de plasticidad de 20.53%, esto hace que el material sea cohesivo, permitiéndole mantener junto sus partículas y aglomerar, ya que es un material clasificado como arcilla fina CL, por lo cual este tipo de suelo ante la interacción y saturación de agua en la sub-rasante es inestable. Mientras que la muestra de la calicata 02 no presenta límites de consistencia, ya que es un material clasificado como arena limosa con grava, por lo cual este tipo de suelo no presenta cohesión y este tipo de suelo en la sub-rasante es inestable.

**Tabla 21** Clasificación (S.U.C.S).

Muestra	Clasificación (S.U.C.S)	
O1	CL	ARCILLA FINA
O2	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA

**Fuente:** Elaboración propia.

Las propiedades físicas que se obtuvieron de las muestras de acuerdo con los ensayos de laboratorio son los siguientes: De la clasificación de suelos, se determinó que el tipo de suelo es arcilla fina (CL), conforme a los resultados obtenidos según la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.). Según la clasificación granulométrica, la muestra 01 presenta 89.27% de finos, 10.73% de arena y 00.00% de grava. En cuanto a los límites de consistencia la muestra 01 presenta un límite líquido de 38.29%, límite plástico de 17.76% y un índice de plasticidad de 20.53%, esto hace que el material sea inestable ante la interacción y presencia de agua y la muestra 02 no presenta límites de consistencia, esto hace que el material sea inestable. De los resultados obtenidos, se concluye que las características físicas, de la sub rasante de la vía en estudio Av. Vía Evitamiento cuerdas 1 a la 5, son deficientes.

- b) Las características químicas para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas, son los siguientes:**

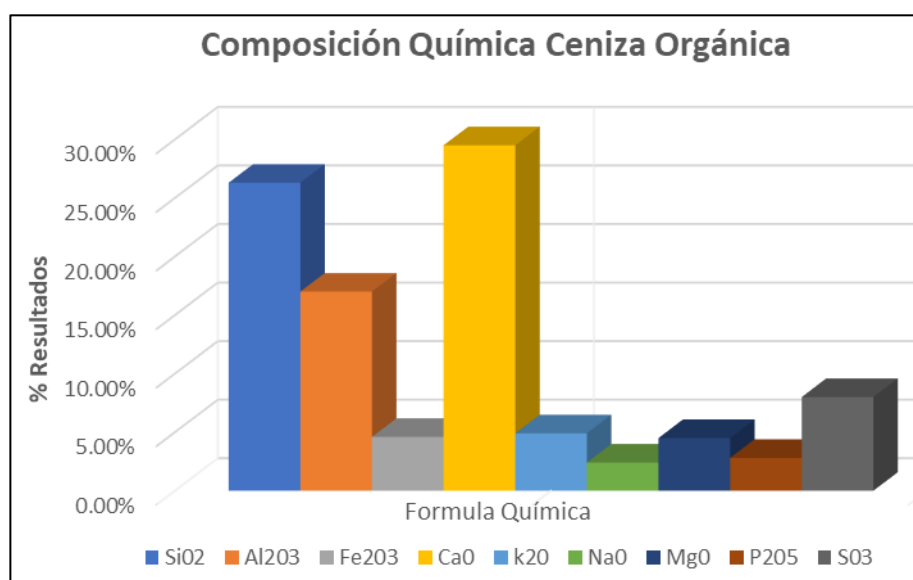
Para obtener las características químicas de la ceniza orgánica, se tomó 3.00 kg de muestra de ceniza orgánica, para ser analizado en un laboratorio, a cargo de un ingeniero químico.

Los resultados que se obtuvieron en el laboratorio de análisis químico, son los siguientes:

**Tabla 22** Composición química de la ceniza orgánica.

Nombre del compuesto	Formula química	Resultados %
Oxido de silicio (sílice)	SiO <sub>2</sub>	26.30%
Oxido de Aluminio (alúmina)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.00%
Oxido de Fierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.60%
Oxido de calcio (cal)	CaO	29.50%
Oxido de potasio (potasa)	K <sub>2</sub> O	4.90%
Oxido de sodio (sosa)	Na <sub>2</sub> O	2.40%
Oxido de magnesio	MgO	4.50%
Oxido de fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.80%
Óxido de azufre	S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.00%
Otros	-	7.20%
Total	-	100.00%

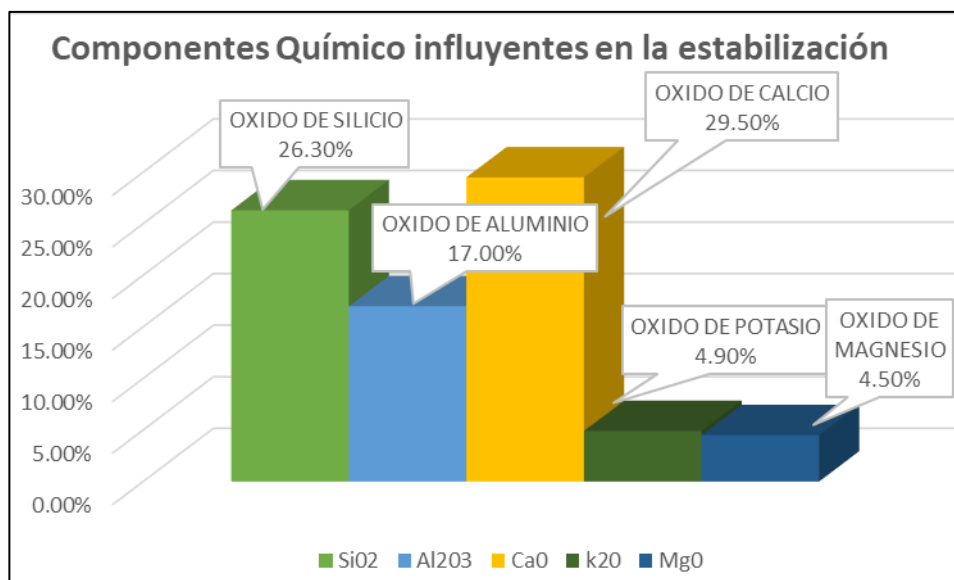
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 19.** Composición química de la ceniza orgánica

**Fuente:** Elaboración propia.

De la tabla, que corresponde a los resultados de laboratorio de la ceniza orgánica, se determinó que los compuestos químicos que más influyen en el proceso de estabilización son los siguientes.



**Figura 20** Componentes químicos influyentes en la estabilización.

**Fuente:** Elaboración propia.

Los componentes químicos de la ceniza orgánica más influyentes en la estabilización de suelos, por presentar propiedades cementantes son los siguientes: El óxido de calcio con 29.50%, el óxido de silicio con 26.30%, el óxido de aluminio con 17.00%, el óxido de potasio con 4.90%, y el óxido de magnesio con 4.50%. La ceniza orgánica reacciona químicamente al ser mezclado con el suelo y agua, modificando las propiedades, elevando su resistencia. Debemos tener en cuenta que, a mayor porcentaje de ceniza orgánica, la máxima densidad seca se reduce, pero al ser saturado en agua, la ceniza orgánica reacciona químicamente, permitiendo que el CBR alcance porcentajes altos y cumplan con los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito. Por tal razón las características químicas que presenta la ceniza orgánica, son óptimas para ser empleados en la estabilización de la sub-rasante de la Av. vía evitamiento cuadras del 1 al 5 distrito de Lircay Provincia de Angaraes Departamento de Huancavelica.

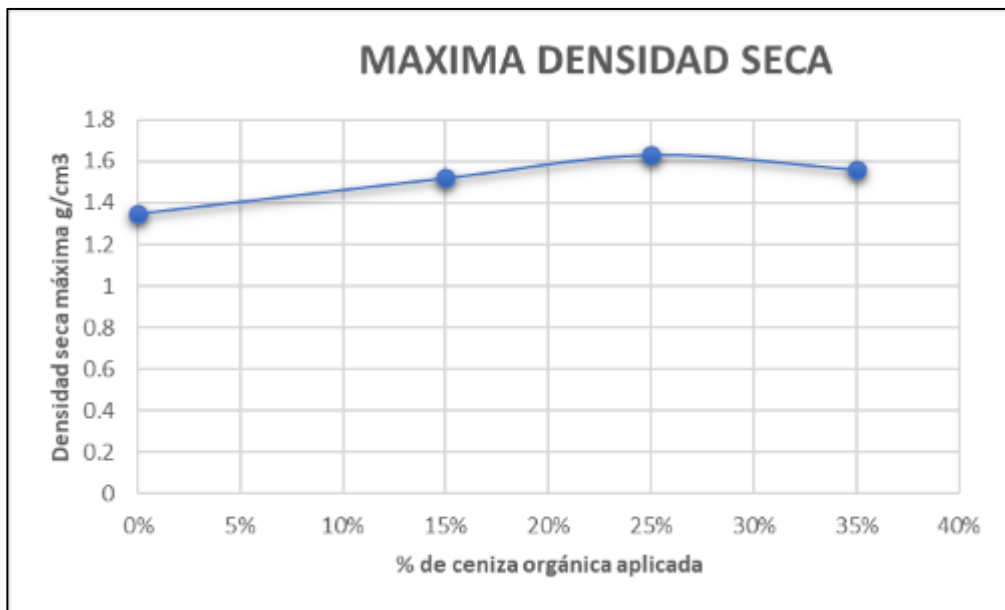
**c) La dosificación correcta para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas. Son los siguientes:**

Para obtener la dosificación correcta de ceniza orgánica, que permitirá estabilizar la sub-rasante de la vía en estudio Av. Vía evitamiento cuadra 1 a la 5, es necesario realizar el ensayo de Proctor modificado, se utilizara el método "A", ya que el material pasa por el tamiz N° 04; obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 23** Máxima densidad seca, muestra 01.

Máxima densidad seca					
Ceniza orgánica	UND	0%	15%	25%	35%
Máxima densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.35	1.52	1.63	1.56

**Fuente:** Elaboración propia.



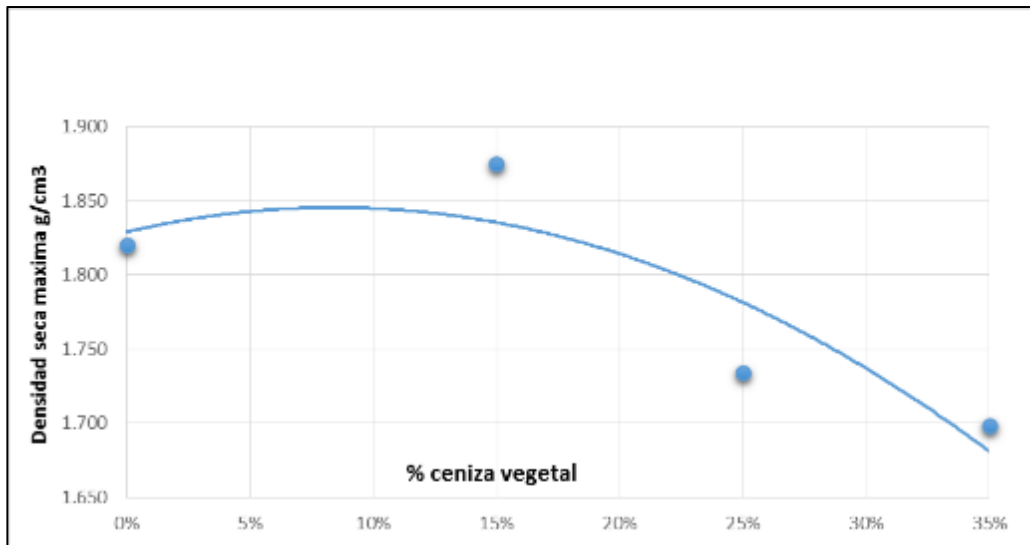
**Figura 21.** Máxima densidad seca, muestra 01

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 24** Máxima densidad seca, muestra 02.

Máxima densidad seca					
Ceniza orgánica	UND	0%	15%	25%	35%
Máxima densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.820	1.875	1.734	1.698

**Fuente:** Elaboración propia.



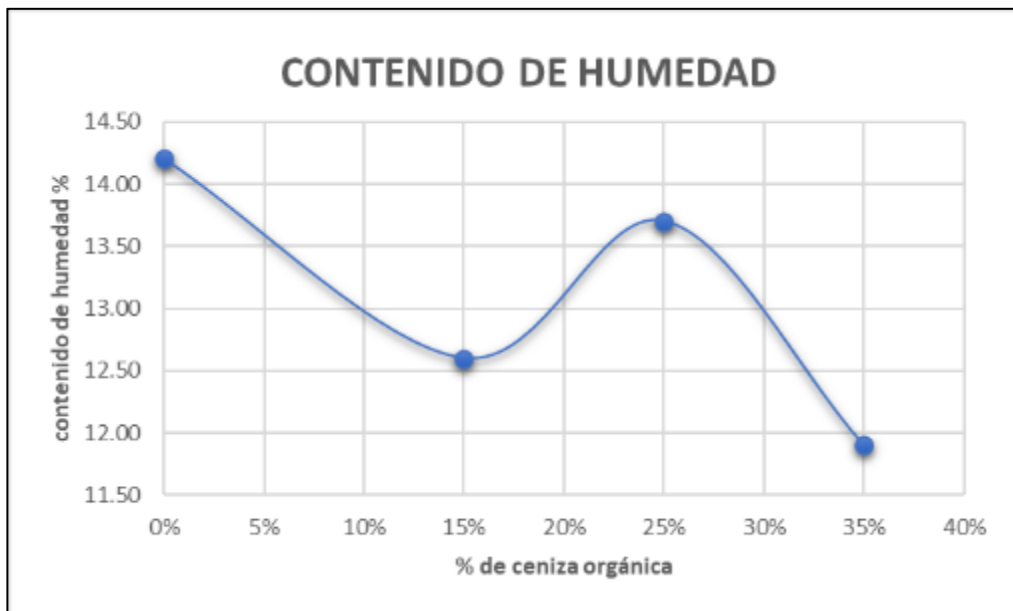
**Figura 22** Máxima densidad seca, muestra 02.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 25** Contenido de humedad, muestra 01

Contenido de humedad					
Ceniza orgánica	%	0%	15%	25%	35%
Contenido de humedad	%	14.20	12.60	13.70	11.90

**Fuente:** Elaboración propia.



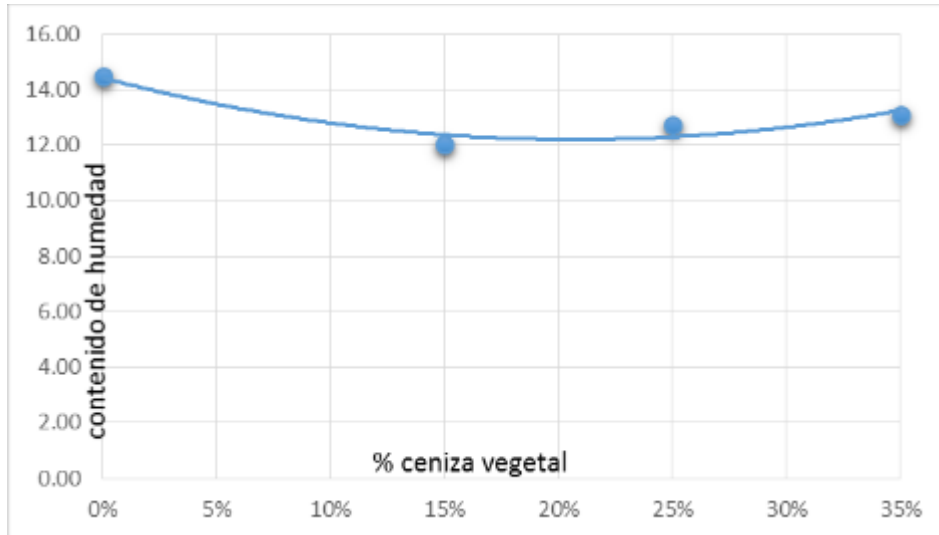
**Figura 19.** Contenido de humedad, muestra 01.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 26** Contenido de humedad, muestra 02

Contenido de humedad					
Ceniza orgánica	%	0%	15%	25%	35%
Contenido de humedad	%	14.50	12.02	12.71	13.1

*"Fuente: Elaboración propia."*



**Figura 23** Contenido de humedad, muestra 02

*Fuente: Elaboración propia.*

Los porcentajes de ceniza orgánica que se utilizaron son 15% 25% y 35%. Con el ensayo se obtuvieron la densidad seca máxima y el óptimo contenido de humedad, para las diferentes adiciones de ceniza orgánica. Estos datos serán utilizados en el ensayo de CBR.

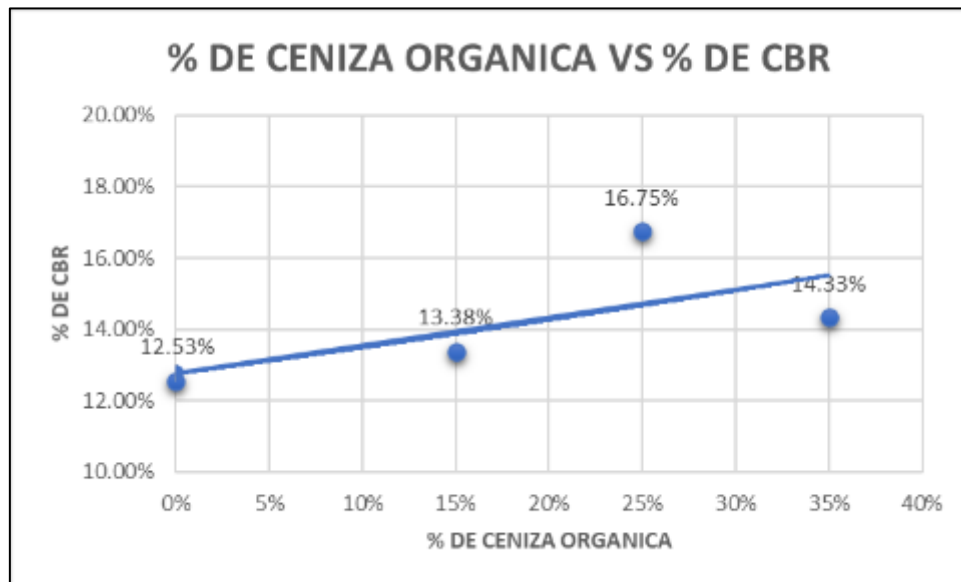
Para la muestra de la calicata 01, tipo de suelo arcilla fina, se tiene que al adicionar el 15% de ceniza orgánica se obtiene un CBR de 13.38%, al adicionar 25% de ceniza orgánica se obtiene un CBR de 16.75%, y al adicionar 35% de ceniza orgánica se obtiene un CBR de 14.33%.

Para la muestra de la calicata 02, tipo de suelo arena limosa con grava, se tiene que al adicionar el 15% de ceniza vegetal se obtiene un CBR de 23.4%, al adicionar 25% de ceniza vegetal se obtiene un CBR de 23.9%, y al adicionar 35% de ceniza vegetal se obtiene un CBR de 24.7%.

**Tabla 27** Dosificación de ceniza orgánica M.D.S. y C.B.R.

Muestra	Tipo de suelo	% Ceniza vegetal	M.D.S.	CBR %
O1	ARCILLA FINA		1.350%	12.53%
	ARCILLA FINA	15%	1.520%	13.38%
	ARCILLA FINA	25%	1.630%	16.75%
	ARCILLA FINA	35%	1.560%	14.33%
O2	ARENA LIMOSA CON GRAVA		1.820%	16.70%
	ARENA LIMOSA CON GRAVA	15%	1.875%	23.40%
	ARENA LIMOSA CON GRAVA	25%	1.734%	23.90%
	ARENA LIMOSA CON GRAVA	35%	1.698%	24.70%

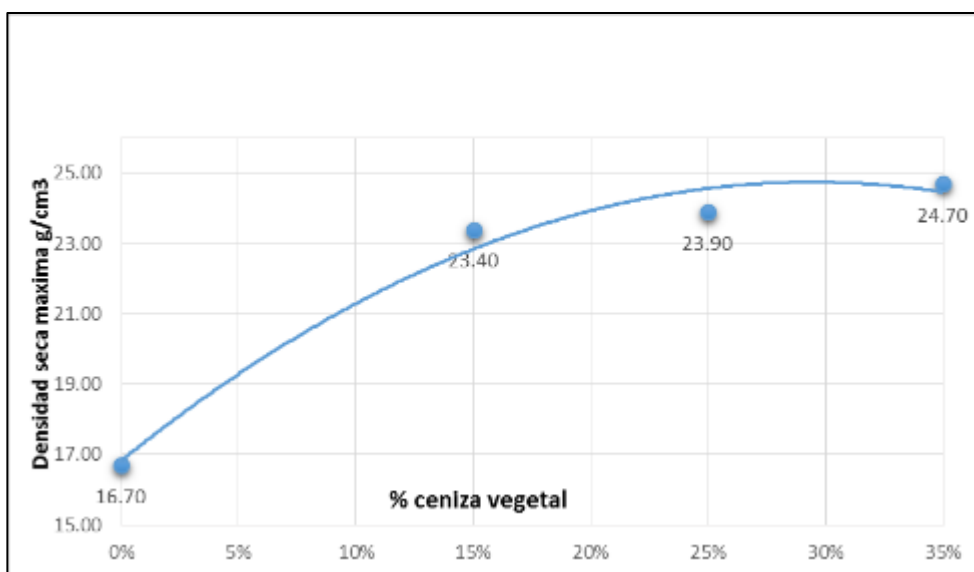
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 24.** Dosificación de ceniza orgánica M.D.S. y C.B.R. muestra O1.

**Fuente:** Elaboración propia.





**Figura 25** Dosificación de ceniza orgánica M.D.S. y C.B.R. muestra 02.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 28** Dosificación correcta de ceniza orgánica.

Muestra	Tipo de suelo	% Ceniza orgánica	CBR %
O1	ARCILLA FINA	25%	16.75
O2	ARENA LIMOSA CON GRAVA	35%	24.7

**Fuente:** Elaboración propia.

La dosificación correcta para la muestra 01, tipo de suelo arcilla fina, se logra adicionando el 25% de ceniza orgánica, obteniendo una máxima densidad seca de 1.630%, un contenido de humedad de 13.70%, obteniendo un CBR de 16.75%. La dosificación correcta para la muestra 02, tipo de suelo arena limosa con grava, se logra adicionando el 35% de ceniza vegetal, obteniendo una máxima densidad seca de 1.698%, un contenido de humedad de 13.10%, y obteniendo un CBR de 24.7%. Clasificando a la sub-rasante como regula a buena, debido a que el CBR es mayor a 8% Además de cumplir los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito vigentes.

## 4.2. Resultado general

### a) El efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas, son los siguientes:

Los efectos que presenta la estabilización de la sub-rasante con la aplicación de ceniza orgánica son los siguientes: Al aplicar mayores porcentajes de ceniza orgánica, disminuye la plasticidad y reduce la humedad, la máxima densidad seca se reduce, pero al ser saturado en agua la ceniza orgánica reacciona químicamente, permitiendo alcanzar un CBR de 16.75% y 24.7%. Los componentes químicos que presenta la ceniza orgánica más influyentes que favorecen a la estabilización del suelo de la sub-rasante son: el óxido de calcio con 29.50%, óxido de silicio con 26.30%, óxido de aluminio con 17.00%, óxido de potasio con 4.90% y el óxido de magnesio con 4.50%. En cuanto a la dosificación correcta para un suelo tipo arcilla fina, se requiere de 35% de ceniza orgánica, obteniendo un CBR de 16.75% %. Y para la dosificación correcta para un suelo tipo arena limosa con grava, se requiere de 35% de ceniza vegetal, obteniendo un CBR de 24.7%, que clasifica a la sub-rasante como regular a buena, cumpliendo los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito vigente, obteniendo pavimentos más duraderos y estables ante las cargas vehiculares.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. Discusiones específicas**

- a) Las propiedades físicas que se obtuvieron de las muestras de acuerdo con los ensayos de laboratorio son los siguientes: de acuerdo a la clasificación granulométrica de la muestra O1, contiene 89.27% de fino, 10.73% de arena, y 0.00% de grava y la muestra O2 contiene 31.14% de finos, 52.28% de arena y 16.58% de grava. En cuanto a los límites de consistencia de la muestra O1, presenta un límite líquido de 38.29%, un límite plástico de 17.76% y un índice de plasticidad de 20.53% y la muestra O2 no presenta límites de consistencia., Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.); la muestra O1, es una arcilla fina (CL), esto hace que el material sea inestable ante la interacción y presencia de agua, mientras que la muestra O2, es una arena limosa con grava (SM) esto hace que el material tenga un poco de cohesión y sea inestable; por lo tanto, las características físicas de la sub rasante son deficientes. Visto los resultados, se acepta la hipótesis “Las características físicas del suelo para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas son inestables”, de acuerdo con la. Tesis: Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas, el Bach. Kevin Cubas, sustento su trabajo de tesis en el año 2016, a la Universidad Señor de Sipan. Donde plantea como mejora

la estabilización de suelos mediante el uso de cenizas de carbón y activación alcalina (Hidróxido de Sodio) en carreteras no pavimentadas, realizado en el distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo. El presente trabajo de tesis concluye: que el material O2 es inadecuado por tratarse de un suelo arenoso, que contiene 20.80 de finos, 79.63% de arena y 0.00% de grava.

- b) Las características químicas que presenta la ceniza orgánica más influyentes en la estabilización de suelos, por presentar propiedades cementantes son los siguientes: El óxido de calcio con 29.50%, el óxido de silicio con 26.30%, el óxido de aluminio con 17.00%, el óxido de potasio con 4.90%, y el óxido de magnesio con 4.50%. La ceniza orgánica reacciona químicamente al ser mezclado con agua, modificando las propiedades, elevando su resistencia, cumpliendo con los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito vigente. Evaluado los resultados obtenidos se acepta la hipótesis: “Las características químicas para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas son favorables”. Teniendo como referencia la tesis: “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como sub rasante mejorada”, presentado por el Bach. Carolina Alejandra Perez Collantes; concluye que la ceniza volante contiene los siguientes elementos químicos  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ , S,  $\text{PbO}$ , y  $\text{Cl}$   $\text{SO}_3$ . La composición química del análisis de la ceniza volante, definió que la suma de los componentes que tienen propiedades puzolánicas.
- c) La dosificación correcta para la muestra O1, tipo de suelo arcilla fina, se logra adicionando el 25% de ceniza orgánica, obteniendo una máxima densidad seca de 1.630%, un contenido de humedad de 13.70%, y obteniendo un CBR de 16.75%. La dosificación correcta para la muestra O2, tipo de suelo arena limosa con grava, se logra adicionando el 35% de ceniza vegetal, obteniendo una máxima densidad seca de 1.698%, un contenido de humedad de 13.10%, y obteniendo un CBR de 24.7%. Clasificando a la sub-rasante como regular a buena, debido a que el

CBR > a 8%, cumpliendo con los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito vigente. Observado los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis: La dosificación correcta para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas es aceptable teniendo como antecedente a la investigación de Bach. Carolina Alejandra Perez Collantes, sustento su tesis denominada: Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como sub rasante mejorada; en el año 2014 Lima – Perú. Donde concluye que en el ensayo CBR la mezcla aumento su resistencia en un 9% con la proporción de 20% de ceniza volante y 80% de arcilla. La mezcla de arcilla con ceniza volante, de acuerdo a los resultados del ensayo próctor modificado, presenta mayor grado de compactación que Aquella sin ceniza volante. Además, el valor del CBR al 95% de la MDS, aumento considerablemente de 8.3% a 17.3% adicionándole la ceniza volante en la proporción de 20 %. Los resultados coinciden en cuanto a la mejora del material estabilizado con ceniza vegetal y ceniza volante; haciendo que aumenta el CBR, reduce la expansión del material.

## **5.2. Discusión General**

- a) Los componentes químicos que presenta la ceniza orgánica más influyentes que favorecen a la estabilización del suelo de la sub-rasante son: el óxido de calcio con 29.50%, oxido de silicio con 26.30%, oxido de aluminio con 17.00%, oxido de potasio con 4.90% y el óxido de magnesio con 4.50%. Para la dosificación correcta para un suelo tipo arcilla fina, se requiere de 25% de ceniza orgánica, obteniendo un CBR de 16.75%, y para la dosificación correcta para un suelo tipo arena limosa con grava, se requiere de 35% de ceniza vegetal, obteniendo un CBR de 24.7%,. que clasifica a la sub-rasante como regular a buena, cumpliendo los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito. Se acepta la hipótesis: El efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas es aceptable según los resultados., de acuerdo a la Tesis: Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina

y aplicación en carreteras no pavimentadas, el Bach. Kevin Cubas, sustentó su trabajo de tesis en el año 2016, a la Universidad Señor de Sipán. Donde plantea como mejora la estabilización de suelos mediante el uso de cenizas de carbón (vegetal) y activación alcalina (Hidróxido de Sodio) en carreteras no pavimentadas, realizado en el distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo. Además, el presente trabajo de tesis concluye: Las cenizas de carbón muestra 02, son las que mejor reacción obtienen al tratamiento de suelos arenosos y arcillosos por el alto contenido de óxido de silicio ( $\text{CaO}$ ) que están asociados a la producción de cerámicos que poseen porcentajes de formas cementantes y favorecen a la estabilización.

## CONCLUSIONES

### Específicas:

Del objetivo específico: Identificar las características físicas del suelo para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas, se concluye que:

- a) De las características físicas obtenidas del ensayo granulométrico, se concluye que la muestra 01 analizada, de acuerdo a su clasificación S.U.C.S es un tipo de suelo de arcilla fina, el cual en su estructura está compuesta por: 89.27% fino, 10.73% de arena y 00.00% de grava; en cuanto a los límites de consistencia presenta un límite líquido de 38.29%, límite plástico de 17.76% y un índice de plasticidad de 20.53%." de lo analizado se puede apreciar que en su granulometría es predominantemente fina, con predominio de fracciones de limos, arcilla y arenas.

En cuanto a la muestra 02 analizada, concluimos que de acuerdo a su clasificación S.U.C.S es un tipo de suelo arena limosa con grava, el cual presenta en su composición 52.28%, fino 31.14% y grava 16.58%; en cuanto a los límites de consistencia presenta un límite líquido de 37%, límite plástico de 25% y un índice de plasticidad de 12%.

De ambas muestras, se concluye que ambos materiales tienen un alto porcentaje de finos y arenas, el cual este tipo de suelos ante la interacción de cargas generadas por el tráfico vehicular, en los que tiene lugar un rápido cambio de la relación entre presiones efectivas y las deformaciones, sin que se alcance la resistencia última del material, se detecta una notable modificación de su módulo de compresibilidad. De acuerdo con esto la causa de la inestabilidad es únicamente el cambio de las presiones efectivas, el cual, ante una saturación excesiva de agua en este material, produce un importante cambio volumétrico, debido a un incremento de la presión de los poros que origina el agotamiento de

la resistencia al corte del suelo, haciendo que para ambos casos sean NO APTOS para ser utilizado en la sub- rasante.

Del objetivo específico: Identificar las características químicas para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas, se concluye que:

- b) De las características químicas, se concluye que la ceniza orgánica contiene elementos químicos que favorecen a la estabilización de suelos. Los elementos químicos más influyentes en la estabilización son: El óxido de calcio 29.50%, el óxido de silicio 26.30%, óxido de aluminio 17.00%, óxido de potasio 4.90%, y el óxido de magnesio 4.60 %. Estos elementos, tienen propiedades cementantes, permitiendo obtener altos porcentajes de CBR, además de cumplir con la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito vigente.

Del objetivo específico: Determinar la dosificación correcta para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas, se concluye que:

- c) Se logró obtener la dosificación correcta de ceniza orgánica, para estabilizar la sub-rasante de la vía Av. Vía evitamiento, cuadra de la 1 a la 5. Los cuales fueron sometidos al ensayo de CBR tanto en estado inalterado y alterada en su composición con la adición de ceniza orgánica. Siendo para la muestra O1, que es un tipo de suelo arcilla fina, se requiere una adición del 25% de ceniza orgánica, para obtener un 16.75% de CBR. y para la muestra O2 que es un tipo de suelo arena limosa con grava, se requiere un 35% de ceniza orgánica, para obtener 24.7% de CBR”, los cuales son valores de soporte muy altos para ser usados como material para sub-rasante.

En ambos casos, la capacidad de soporte CBR que se obtuvieron es de 16.75% de CBR para la muestra O1 y 24.7% de CBR para la muestra O2, porcentajes que cumplen con la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito vigente, ya que el valor mínimo establecido para ser trabajado como subrasante



es del 6% de CBR, clasificando a la sub-rasante de la vía en estudio, como regular a buena.

### **General:**

Del objetivo general: Determinar el efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas, se concluye que:

- a) Los efectos que presenta la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de subrasantes arcillosas son favorables, ya que se demuestra su efectivo poder sustancial en el mejoramiento de las propiedades de resistencia y permeabilidad de los suelos finos-arcillosos, que por lo general son considerados suelos no aptos para la construcción de pavimentos flexibles y rígidos; asimismo al aplicar la ceniza se modifican las características mecánicas, reduciendo la plasticidad y consecuentemente los cambios volumétricos, a su vez incrementa la cohesión y su capacidad de soporte, esta ceniza orgánica logra tales efectos, gracias a los elementos químicos que la componen, los cuales son: El óxido de calcio 29.50%, óxido de silicio 26.30%, óxido de aluminio 17.00%, óxido de potasio 4.90%, y el óxido de magnesio 4.50%. Estos elementos, tienen propiedades cementantes y favorecen considerablemente a la estabilización de suelos, permitiendo obtener y alcanzar altos porcentajes de CBR.

El presente trabajo de investigación concluye que: al adicionar 25% en la muestra O1 y 35% en la muestra O2 de ceniza orgánica respectivamente, se logra estabilizar el material de sub rasante extraído de la vía en estudio; siendo que para la muestra O1 un tipo de suelo clasificado como arcilla fina y la muestra O2 un tipo de suelo clasificado como arena limosa con grava. En ambos casos se logró obtener un CBR mayor a 8% y 20% respectivamente, haciendo que el material sea bueno a muy bueno, además de cumplir con los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito vigente.

## RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda realizar estudios de estabilización con ceniza orgánica, para ser empleados en otras capas de pavimento como: sub base y base, ya que los componentes de la ceniza orgánica, son adecuados para la estabilización.
- b) Se recomienda el uso de ceniza orgánica como estabilizante natural, para obtener resultados mejores en las propiedades físico-mecánicas del suelo estabilizado, ya que es un material eco amigable que nos permite la reducción de impacto ambiental, en comparación de los demás estabilizantes químicos, además de reducir considerablemente el aspecto económico ya que el costo de adquisición y obtención de la ceniza es barato.
- c) Se recomienda profundizar los estudios sobre la utilización de ceniza orgánica en pavimentos, ensayándolo con otros tipos de suelos.
- d) Se recomienda la utilización de ceniza orgánica con adición de cementos o cal porque hace posible transformar un suelo con poca capacidad de soporte en un suelo rígido disgregable fácil de manejar y compactar con una excelente capacidad de soporte.
- e) Realizar un estudio detallado, para determinar la factibilidad de aplicación de la ceniza orgánica en otras provincias o regiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

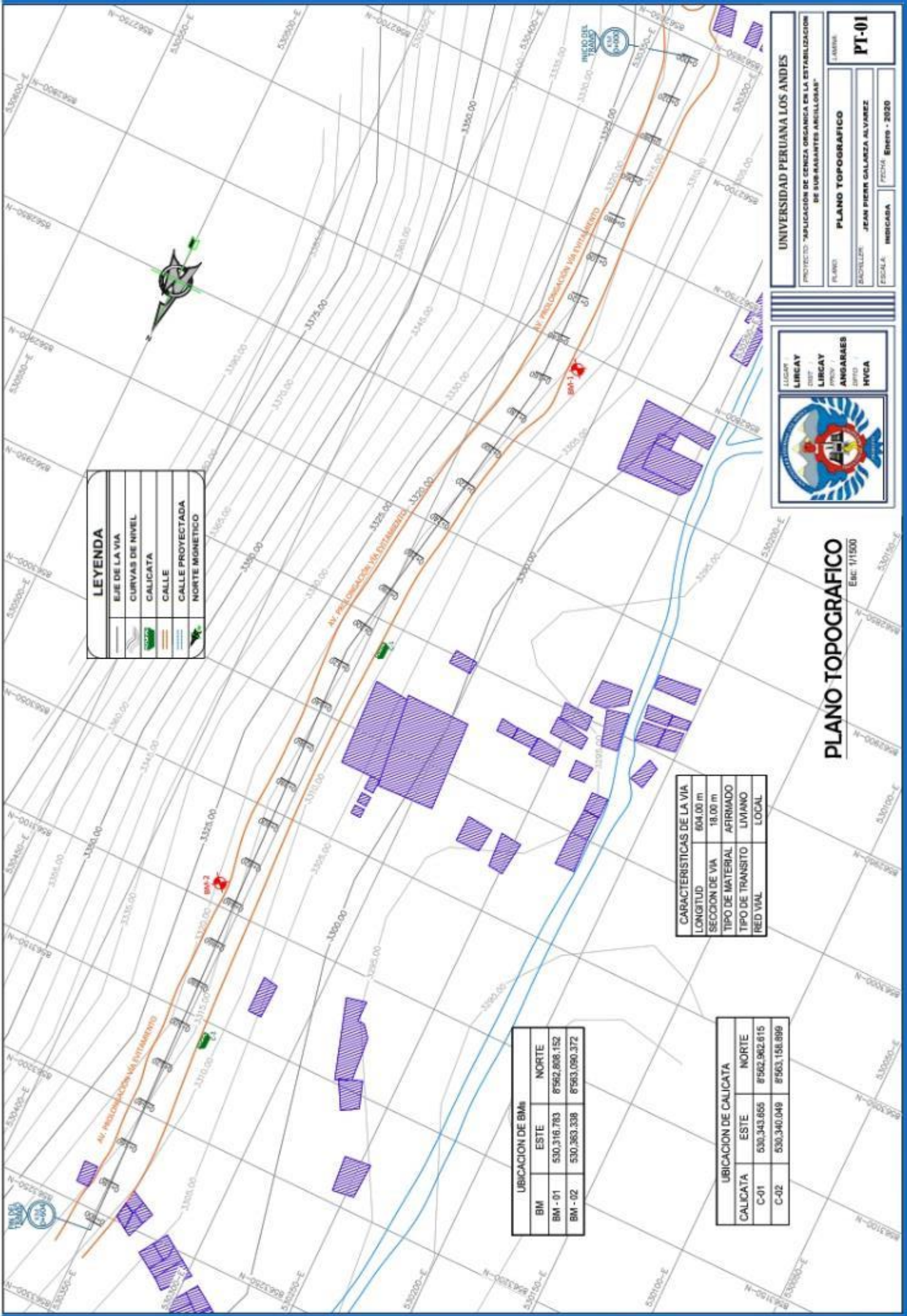
1. "Cañar, E. (2017). "Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón". Ambato."
2. "Cubas, K., & Falen, J. (2016). "Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas",. Arequipa."
3. "Loreto , A., & Acevedo, A. (2009). "Estudio del comportamiento de suelos potencialmente expansivos en zonas forestales estabilizados con cenizas FBC",. Santiago."
4. "Morales, D. (2015). "Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas". Medellin."
5. "Perez, C. (2014). "Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada",. Lima."
6. "Ramirez, D. (2016). "Mejoramiento de un suelo arcilloso con ceniza de madera: agregando valor a los residuos de la industria de ladrillos artesanales en el Perú",. alfa, 76."

## **ANEXOS**

# APLICACIÓN DE CENIZA ORGANICA EN LA ESTABILIZACION DE SUB-RASANTES ARCILLOSOS

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Determinar el efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El efecto de la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas es aceptable según los resultados.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>CENIZA ORGANICA</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Características Químicas</li> </ul>	<p><b>Método:</b> Científico</p> <p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Según su finalidad: Aplicada</li> <li>- Según el énfasis del manejo de datos: Cualitativa</li> </ul>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>a) ¿Cuáles son las características físicas del suelo para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas?</p> <p>b) ¿Cuáles son las características químicas para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas?</p> <p>c) ¿Cuál es la dosificación correcta para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>d) Identificar las características físicas del suelo para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas</p> <p>e) Identificar las características químicas para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas</p> <p>f) Determinar la dosificación correcta para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas</p>	<p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>a. Las características físicas del suelo para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas son inestables.</p> <p>b. Las características químicas para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas son favorables.</p> <p>c. La dosificación correcta para la aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de sub-rasantes arcillosas es aceptable.</p>	<p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>ESTABILIZACION DE SUB – RASANTES</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Características Físicas Del Suelo</li> <li>- Dosificación correcta De Ceniza Orgánica</li> </ul>	<p><b>Nivel:</b> Explicativa - Descriptiva</p> <p><b>Diseño:</b> Cuasi - Experimental.</p> <p><b>Población / muestra:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Población:</b> Av. Vía Evitamiento Cuadra 1 a la 5 del Distrito de Lircay provincia de Angaraes, departamento de huancavelica.</li> <li>- <b>Muestra:</b> del Km 0 al Km 0.6 de la vía en estudio.</li> <li>- <b>Tipo de muestreo:</b> Por interés y/o conveniencia.</li> </ul>

## PLANOS



LEYENDA	
	EJE DE LA VIA
	CURVAS DE NIVEL
	CALICATA
	CALLE
	CALLE PROYECTADA
	NORTE MAGNETICO

UBICACION DE BMs		
BM	ESTE	NORTE
BM - 01	530.316.783	8562.608.152
BM - 02	530.363.338	8563.080.372

CARACTERISTICAS DE LA VIA			
LONGITUD	804.00 m		
SECCION DE VIA	18.00 m		
TIPO DE MATERIAL	AFRIMADO		
TIPO DE TRANSITO	LIVIANO		
RED VIAL	LOCAL		

UBICACION DE CALICATA		
CALICATA	ESTE	NORTE
C-01	530.343.655	8562.962.615
C-02	530.340.049	8563.156.899

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

PROYECTO: "APLICACION DE GENERA ORGANICA DE LA ESTABILIZACION DE SUBSISTANTES AMELIORAR"

PLANO: **PLANO TOPOGRAFICO**

ELABORA: **JEAN PIER GALARZA ALVAREZ**

ESCALA: **INDICADA**

FECHA: **ENERO - 2020**

PLANO: **PT-01**

LOGO: **LIRGAY**

DIRIG: **LIRGAY**

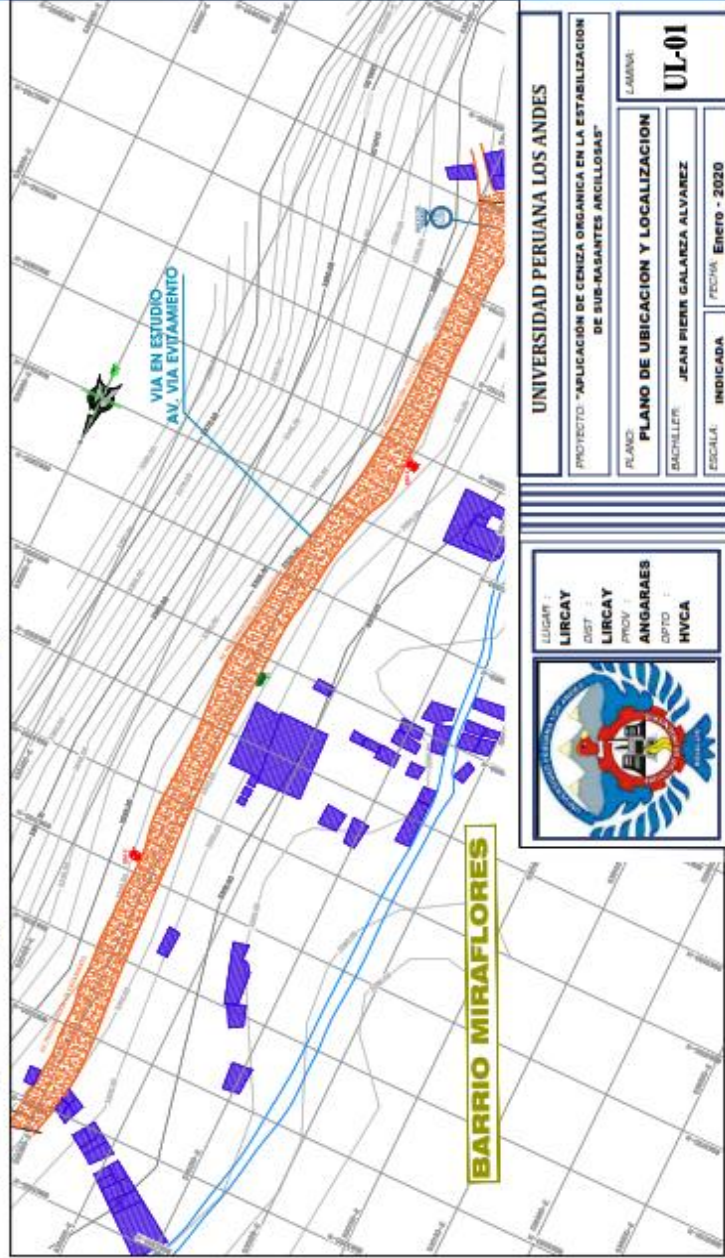
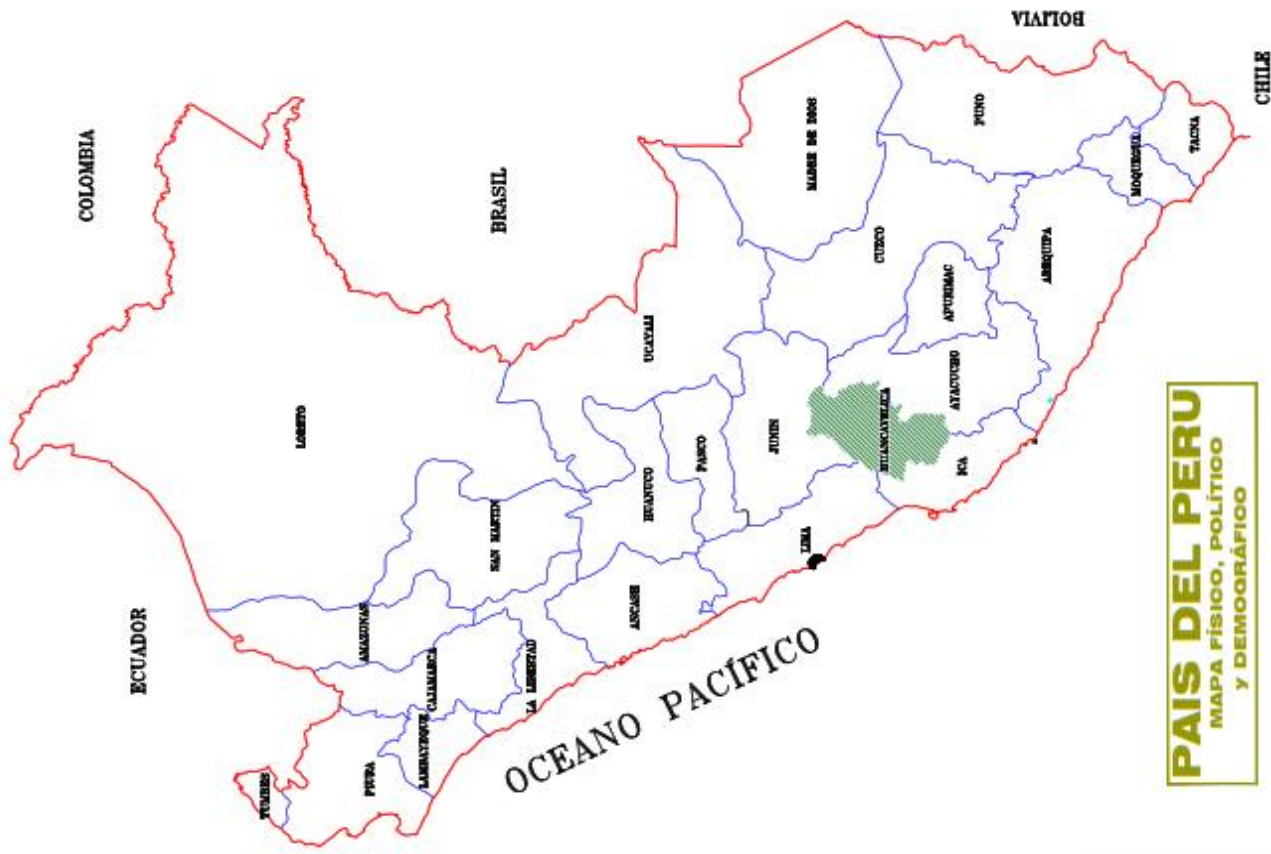
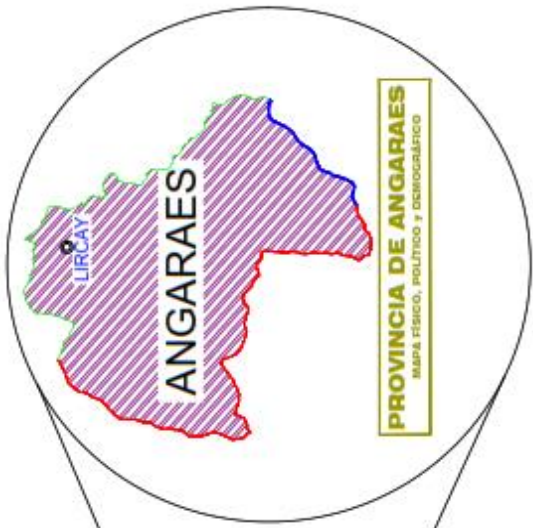
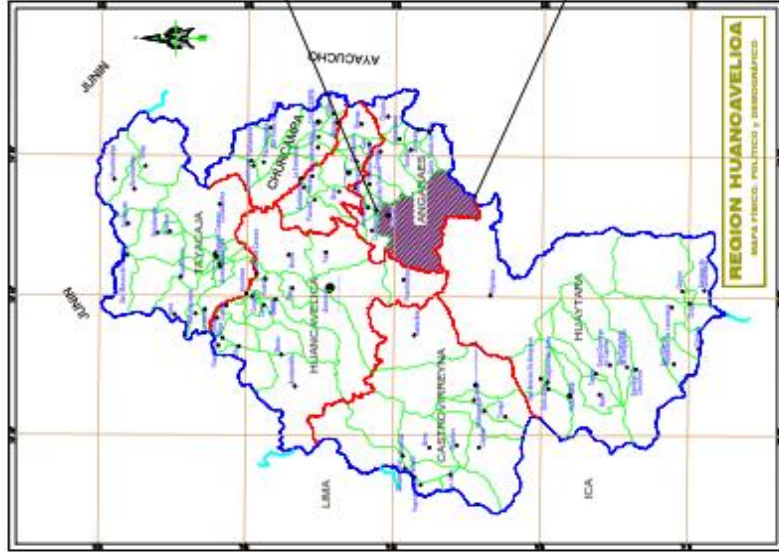
PROY: **ANGARAS**

DISE: **ANGARAS**

REVIS: **HVCA**

**PLANO TOPOGRAFICO**

ESC: 1/1500



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

PROYECTO: "APLICACION DE CENIZA ORGANICA EN LA ESTABILIZACION DE SUB-BASANTES ARCILLOSAS"

PLANO: PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION

BACHILLER: JEAN PIERRE GALARZA ALVAREZ

ESCALA: INDICADA

FECHA: Enero - 2020

LAMINA: **UL-01**

LUGAR : LIRCAY

DIST : LIRCAY

PROV : ANGARAES

DPTO : HVCA



## **ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**



KLA FER S.A.C.

2020

**"APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN  
LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES  
ARCILLOSAS"**

**C.B.R.**

**ASTM D1883**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
CALLE REAL N° 441 CHILCA - HUANCAYO**



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

## 0% DE CENIZA ORGANICA

T+MSSL
643

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PARCIAL RETENIDO (GRS)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.0	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.0	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.0	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.0	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.0	100.00
N°4	4.760	0.00	0.00	0.0	100.00
N°10	2.000	5.98	0.93	0.9	99.07
N°20	0.840	12.54	1.95	2.9	97.12
N°30	0.590	9.31	1.45	4.3	95.67
N°40	0.425	14.03	2.18	6.5	93.49
N°60	0.260	11.37	1.77	8.3	91.72
N°100	0.149	8.42	1.31	9.6	90.41
N°200	0.075	7.35	1.14	10.7	89.27
FONDO		574.00	89.27	100.0	0.00
PESO TOTAL		643.00	100.0		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LIMITE LIQUIDO	38.29
% LIMITE PLASTICO	17.76
INDICE PLASTICO	20.53

PORCENTAJES	
% GRAVA	0.00%
% ARENA	10.73%
% FINO	89.27%
	100.00%

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No	B-6
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	187.76
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	182.39
PESO AGUA gr.	5.37
PESO DE LA TARA gr.	117.00
PESO SUELO SECO gr.	65.39
CONTENIDO DE HUMEDAD. %	8.21%

CLASIFICACION DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3282	A-6(16)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA

**KLAFER SAC.**

EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASESOR TÉCNICO D.P. 7006 REG. CONSULTOR C. 5988  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (QUÉ PERMANA INDECOPI 01-094: 1992)



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020

ESTUDIO : ENERO

ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ

PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"

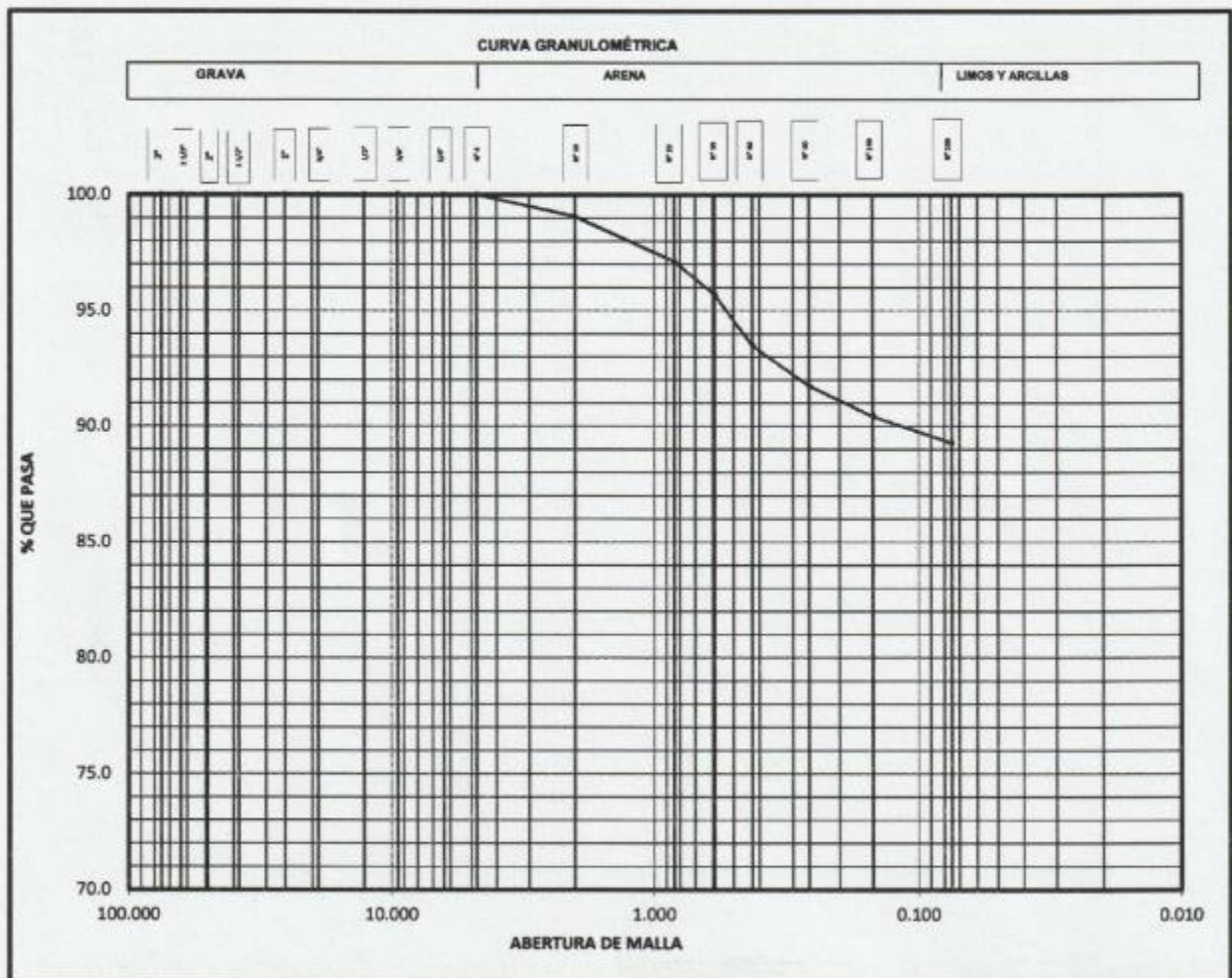
FECHA DE RECEP: 13 DE ENERO DEL 2020

FECHA DE EMISIÓN: 31 DE ENERO DEL 2020

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

#### 0% DE CENIZA ORGÁNICA

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



% GRAVA	0.00%	% ARENA	10.73%	% FINO	89.27%
---------	-------	---------	--------	--------	--------

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU FORMALIDAD PARA SU USO INDIVIDUAL. (OP. 006: 1993)



**Ing. Civil Marino Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 7424 REG. CONSULTOR C 5989  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

RPC: 957259680



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"

FECHA DE RECEPCIÓN: 13 DE ENERO DEL 2020

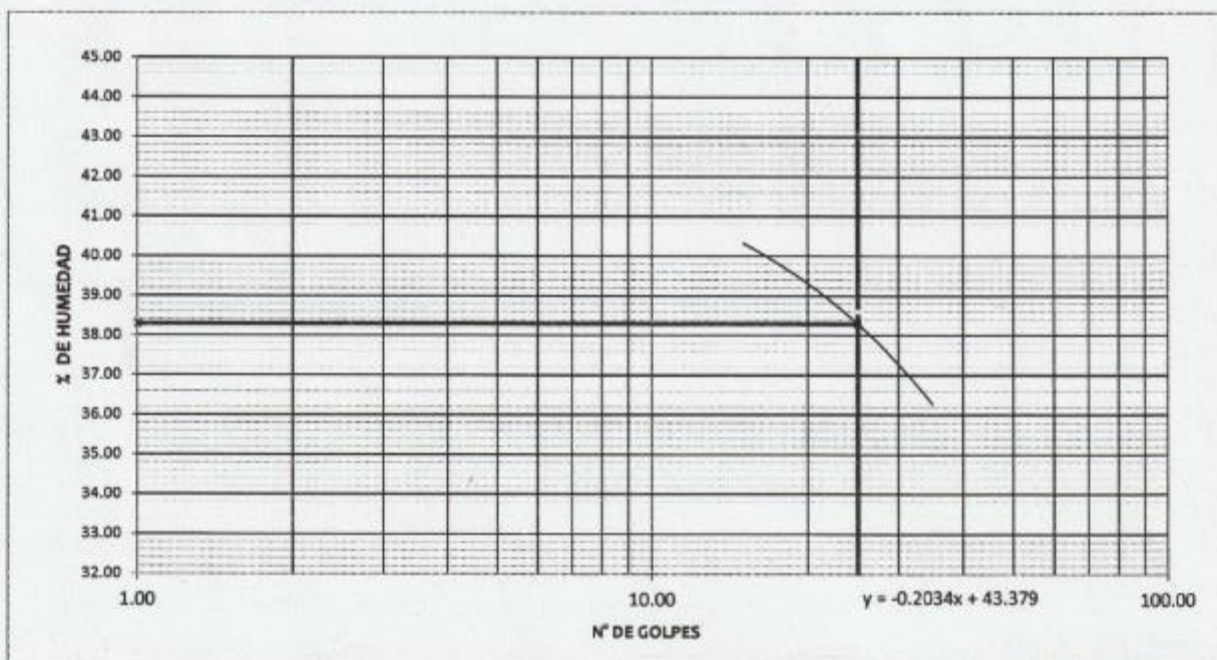
FECHA DE EMISIÓN: 31 DE ENERO DEL 2020

### LIMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D423-66

#### 0% DE CENIZA ORGANICA

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

ENSAYO N°	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	33.71	35.44	31.18	17.57	18.93
Recipiente + Suelo Seco	28.31	29.67	27.14	16.20	17.39
Peso de agua	5.40	5.77	4.04	1.37	1.54
Peso del Recipiente	14.87	14.72	15.96	8.43	8.74
Peso de Suelo Seco	13.44	14.95	11.18	7.77	8.65
% de Humedad	40.18	38.59	36.11	17.68	17.84
N° de Golpes	15.00	25.00	35.00		



% LIMITE LIQUIDO	38.29
% LIMITE PLASTICO	17.76
INDICE PLASTICO	20.53

**KLAFFER S.A.C.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS

**Ing. Civil Marino Peña Dueñas**  
 ASESOR TECNICO CP 1938 REG. CONSULTOR C 5988  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS.

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUIA PERSONA INDECOPI GP-004/1993)



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

### PERFIL ESTRATIGRAFICO

<b>CALICATA :</b>	C-01	<b>DIMENSIONES :</b>	0.60 x 0.80 x 1.50
<b>NAPA FREÁTICA :</b>	NP	<b>MÉTODO DE EXCAV. :</b>	MANUAL

PROF. (m)	GRÁFICA	SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
		SUCS	AASHTO	Forma del material granular, color, contenido de humedad, material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.
0.10 0.20		Pt	.	TURBA
0.30 0.40 0.50 0.60 0.70		SC	A-2-4(0)	ARENA ARCILLOSA, DE COLOR MARRÓN, EN ESTADO HUMEDO, DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN
0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50		CL	A-6(16)	ARCILLA FINA, DE COLOR MARRÓN, EN ESTADO HUMEDO, DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE SEA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA ANDICOP/ SP-004-1993)



Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASESOR TÉCNICO CIP/1981 REG. CONSULTOR C-5980  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**PROYECTO:**

**"APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA  
ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES  
ARCILLOSAS"**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

**C-1**

**(M-2, M-3 y M4)**

**2020**



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020

ESTUDIO : ENERO

ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ

PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"

FECHA DE RECEPCIÓN: 13 DE ENERO DEL 2020

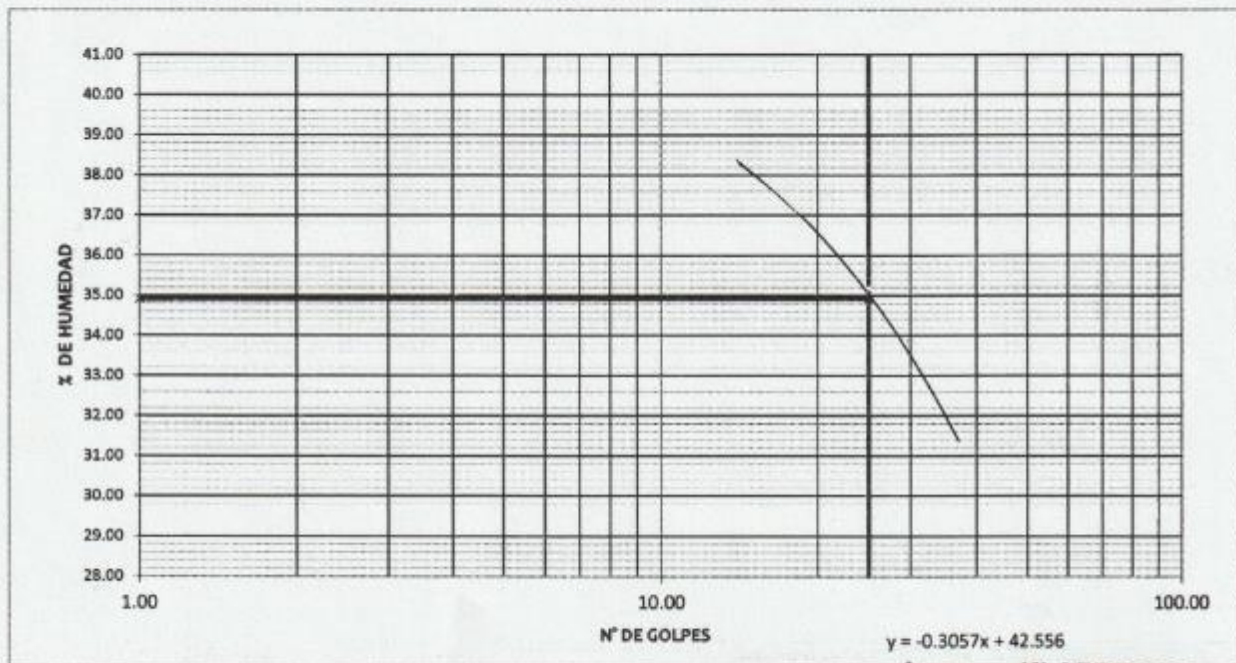
FECHA DE EMISIÓN: 31 DE ENERO DEL 2020

LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D423-66

15% DE CENIZA ORGANICA

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M-2
PROF. (m)	1.50

ENSAYO N°	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	30.41	31.92	27.63	14.93	16.26
Recipiente + Suelo Seco	25.49	26.85	24.32	13.70	14.89
Peso de agua	4.92	5.07	3.31	1.23	1.36
Peso del Recipiente	12.59	12.44	13.68	6.21	6.52
Peso de Suelo Seco	12.90	14.41	10.64	7.49	8.37
% de Humedad	38.14	35.18	31.12	16.47	16.29
N° de Golpes	14.00	25.00	37.00		



% LÍMITE LÍQUIDO	34.91
% LÍMITE PLÁSTICO	16.38
ÍNDICE PLÁSTICO	18.53



KLAFER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CP 7834 REG. CONSULTOR C 5988  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (QUA PERUANA INDECOP)

GP-004: 1993





EXPEDIENTE N° : 049 - 2020

ESTUDIO : ENERO

ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ

PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"

FECHA DE RECEPCIÓN: 13 DE ENERO DEL 2020

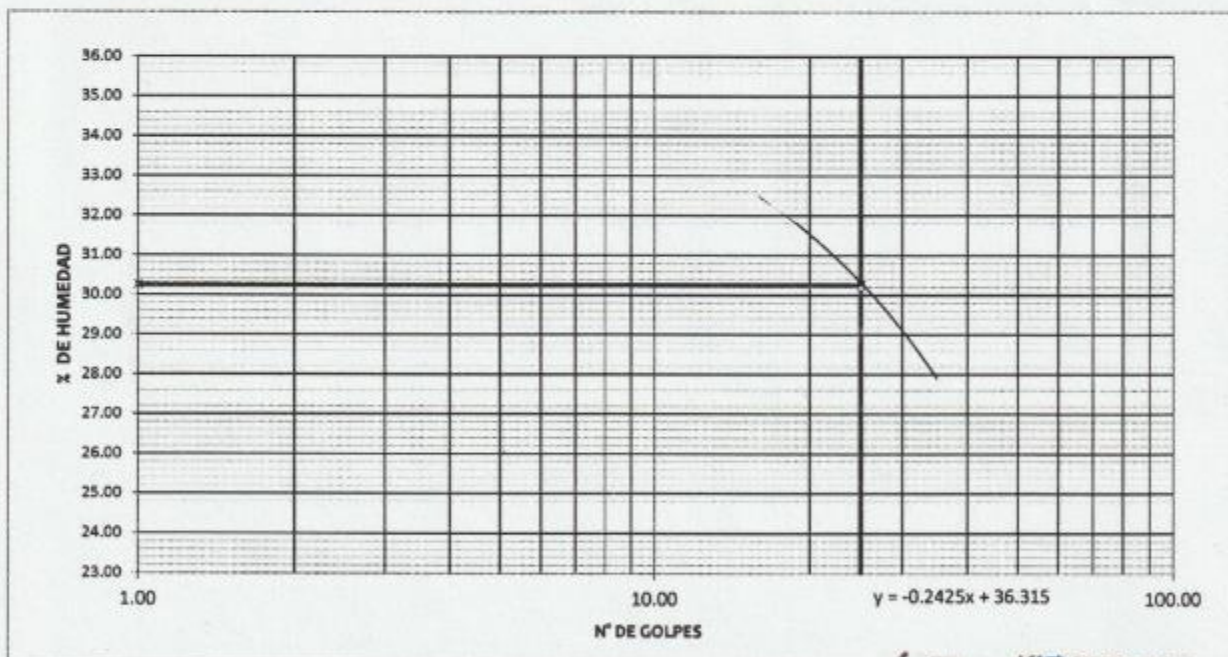
FECHA DE EMISIÓN: 31 DE ENERO DEL 2020

LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D423-66

25% DE CENIZA ORGANICA

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M-3
PROF. (m)	1.50

ENSAYO N°	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	32.20	33.66	29.68	13.79	15.03
Recipiente + Suelo Seco	27.12	28.48	25.95	12.83	13.96
Peso de agua	5.08	5.18	3.73	0.96	1.06
Peso del Recipiente	11.47	11.32	12.56	6.09	6.40
Peso de Suelo Seco	15.65	17.16	13.39	6.74	7.56
% de Humedad	32.47	30.79	27.86	14.21	14.03
N° de Golpes	16.00	25.00	35.00		



% LÍMITE LÍQUIDO	30.25
% LÍMITE PLÁSTICO	14.12
ÍNDICE PLÁSTICO	16.13



Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO OIA 1906 REG. CONSULTOR C 3588  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDIACOPI, EP-904/1993)

ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"

FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020

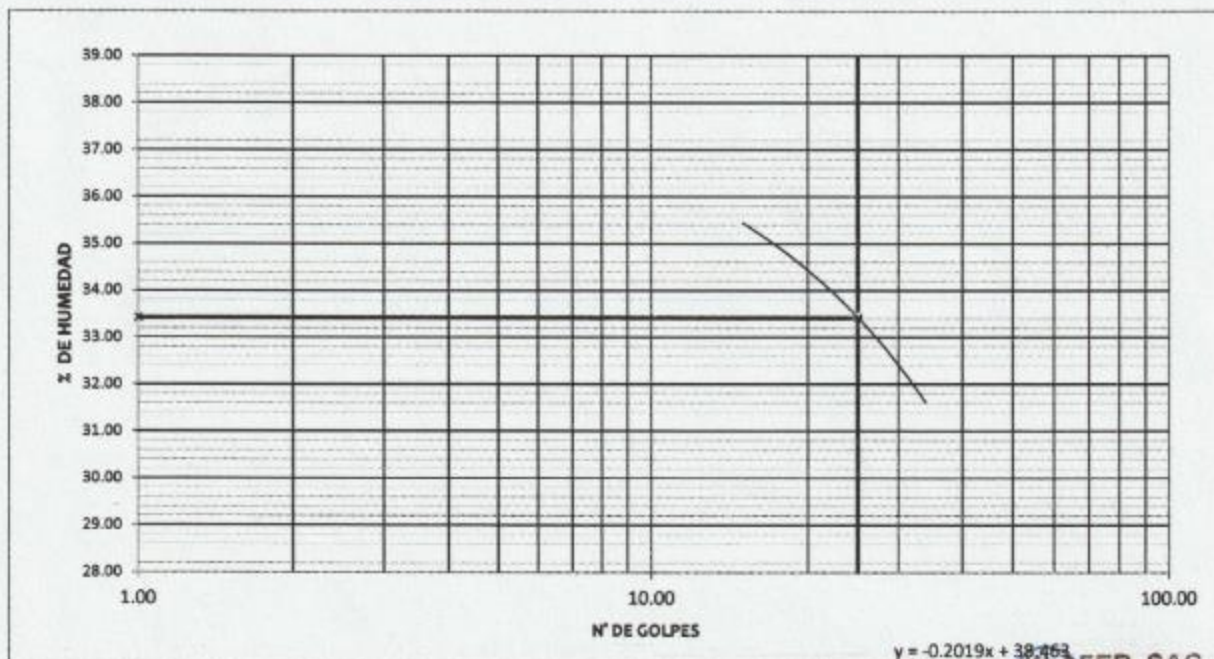
FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D423-68

35% DE CENIZA ORGANICA

CALICATA	C-01
MUESTRA	M-4
PROF. (m)	1.50

ENSAYO N°	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLASTICO	
	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	36.32	37.86	33.78	13.88	15.11
Recipiente + Suelo Seco	30.25	31.61	29.08	13.01	14.10
Peso de agua	6.07	6.25	4.70	0.87	1.01
Peso del Recipiente	13.09	12.94	14.18	7.46	7.73
Peso de Suelo Seco	17.16	18.67	14.90	5.55	6.37
% de Humedad	35.40	33.49	31.56	15.76	15.81
N° de Golpes	15.00	25.00	34.00		



% LÍMITE LIQUIDO	33.42
% LÍMITE PLASTICO	15.79
INDICE PLASTICO	17.63

$y = -0.2019x + 38.763$

**KLAFER S.A.C.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS  
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASESOR TECNICO V.P. 1985 REG. CONSULTOR C. 5988  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUIA PERUANA INDECOPI 97004 2003)

RPC: 957259680

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**PROYECTO:**

**"APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA  
ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES  
ARCILLOSAS"**

**PROCTOR MODIFICADO**

**C-1**

**(M-1, M-2, M-3 y M-4)**

**2020**



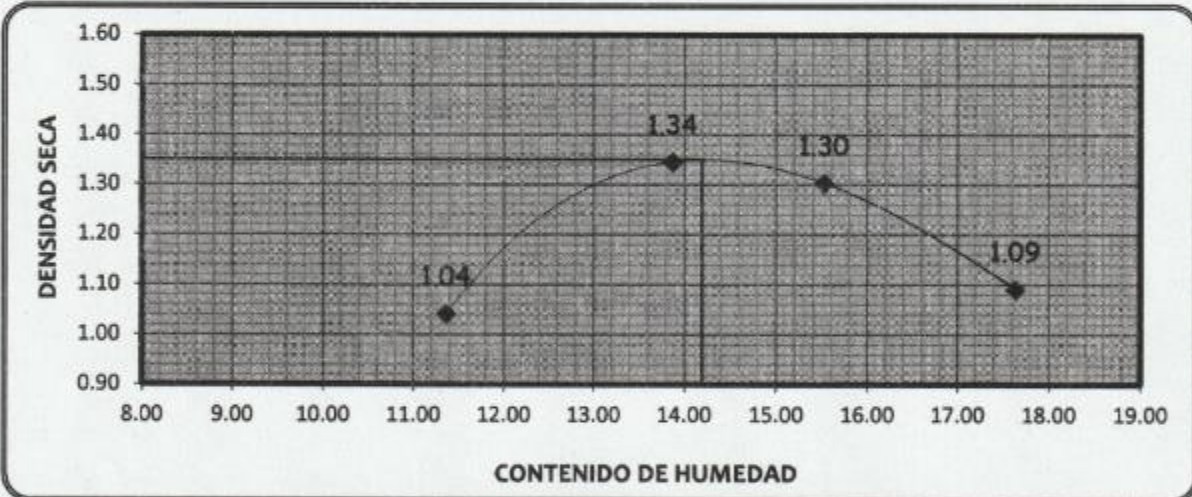
EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

### PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

#### 0% DE CENIZA ORGANICA

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	8601	9419	9360	8874
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	2543	3361	3302	2816
Peso volumetrico humedo	1.16	1.53	1.50	1.28
Contenido de agua	11.36	13.87	15.52	17.63
Peso volumetrico seco	1.04	1.34	1.30	1.09



**MÁXIMA DENSIDAD SECA :** 1.35 (gr/cm<sup>3</sup>)  
**CONTENIDO DE HUMEDAD :** 14.20 (%)

**OBSERVACIÓN :** Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004, 1993)



**KLAFER SAC.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS

**Ing. Civil Marino Peña Dueñas**  
 ASESOR TÉCNICO OPTIMO REG. CONSULTOR C 3988  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



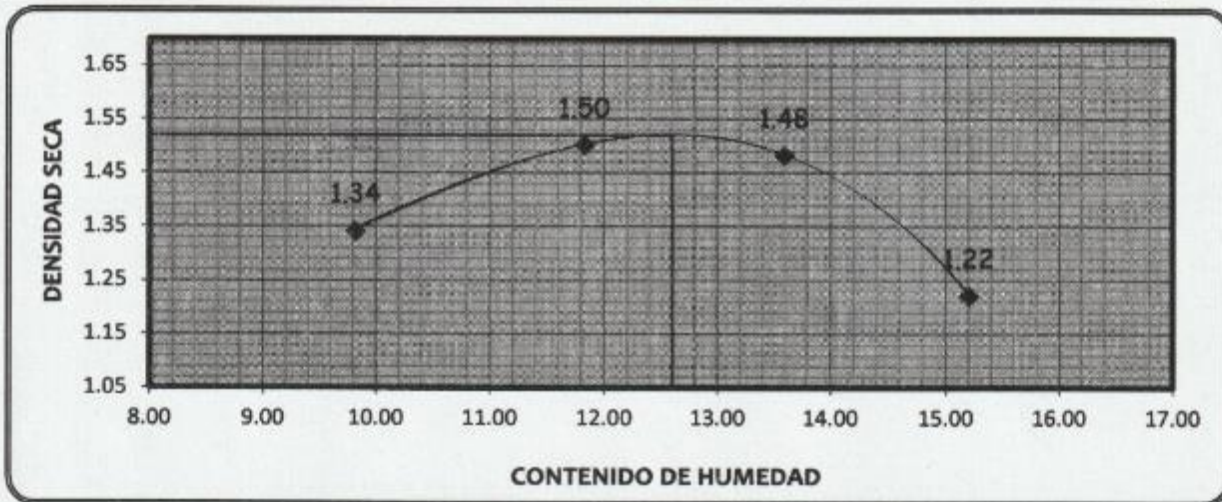
EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

## PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

### 15% DE CENIZA ORGANICA

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 2
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	9290	9742	9754	9144
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	3232	3684	3696	3086
Peso volumetrico humedo	1.47	1.68	1.68	1.41
Contenido de agua	9.82	11.83	13.59	15.20
Peso volumetrico seco	1.34	1.50	1.48	1.22



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.52 (gr/cm3)  
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 12.60 (%)

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).



Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASESOR TÉCNICO C.A. 1138 REG. CONSULTOR C. 5508  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



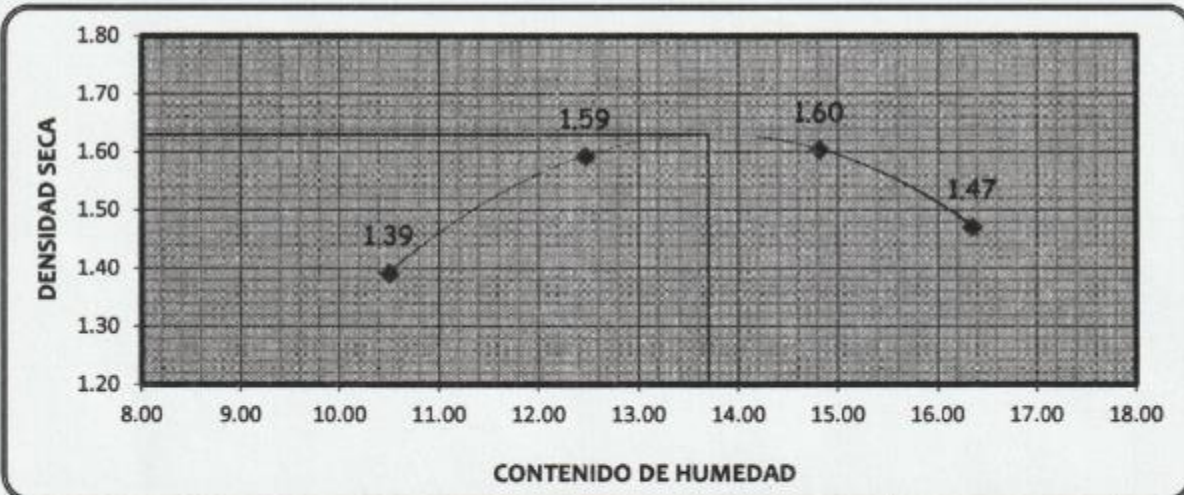
EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

### PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

#### 25% DE CENIZA ORGANICA

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 3
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	9433	9989	10099	9814
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	3375	3931	4041	3756
Peso volumetrico humedo	1.54	1.79	1.84	1.71
Contenido de agua	10.50	12.47	14.81	16.35
Peso volumetrico seco	1.39	1.59	1.60	1.47



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.63 (gr/cm<sup>3</sup>)  
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 13.70 (%)

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



**KLA FER SAC.**  
 UNIDAD DE INGENIERÍA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASESOR TÉCNICO CP 7024 REG. CONSULTOR C 5008  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



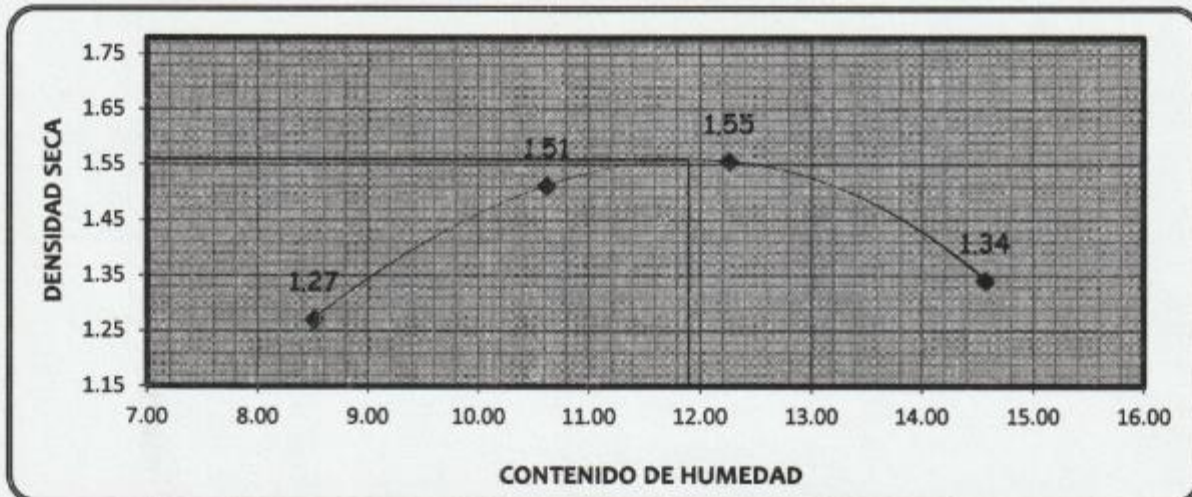
EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

35% DE CENIZA ORGANICA

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 3
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	9084	9728	9891	9429
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	3026	3670	3833	3371
Peso volumetrico humedo	1.38	1.67	1.75	1.54
Contenido de agua	8.51	10.62	12.26	14.57
Peso volumetrico seco	1.27	1.51	1.55	1.34



**MÁXIMA DENSIDAD SECA :** 1.56 (gr/cm3)  
**CONTENIDO DE HUMEDAD :** 11.90 (%)

**OBSERVACIÓN :** Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



KLAFER SAC.  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO N° 78336 REG. CONSULTOR C 1988  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

**PROYECTO:**

**"APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA  
ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES  
ARCILLOSAS"**

**C.B.R**

**C-1**

**(M-1, M-2, M-3 y M-4)**

**2020**





**KLAFER S.A.C.**

DIVISIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIAS

GEOTECNIA Y GEOLOGIA

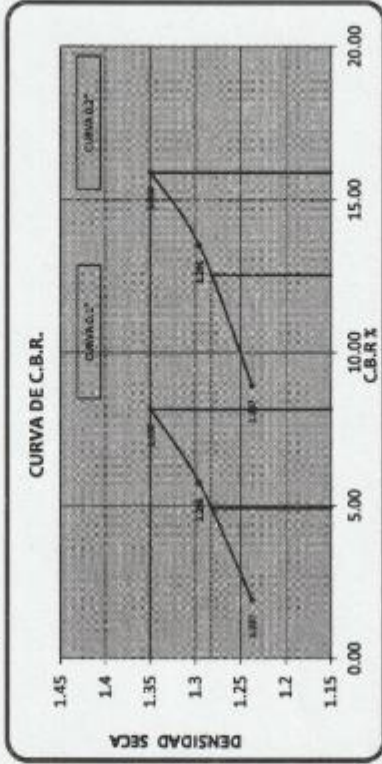
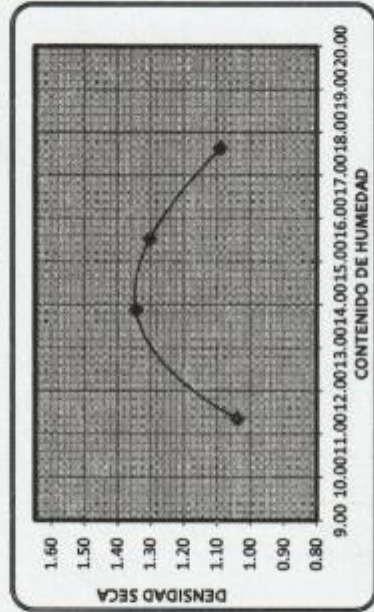
ESTUDIOS ESPECIALES  
RUC 20487134911

EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : \*APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASAMIENTOS ARCILLOSAS\*  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR - ASTM D1553**

**0% DE CENIZA ORGÁNICA**

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1,50



Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0.1	100	8.14
0.1	95	4.91
0.2	100	15.89
0.2	95	12.53

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1,35 (gr/cm3)  
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 14,20 (%)

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA ESTADIANA INDECOPIL-UC-3664, 1993).

**KLAFER SAC**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 AGESCH TÉCNICO CIVIL 1910 REG. CONSULTOR C. 1988  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

-En Huancayo : Calle Real 445 Chilca Huancayo

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC.

RPC: 957259680



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

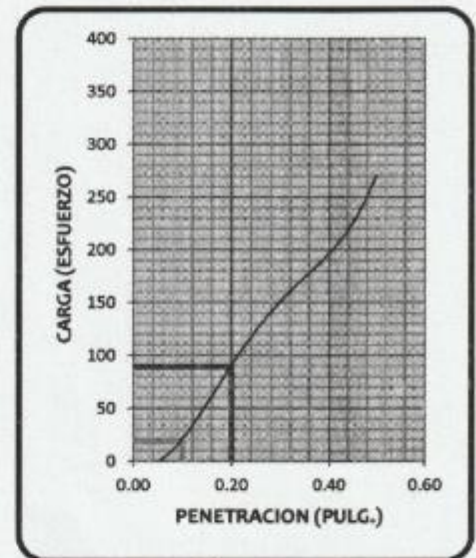
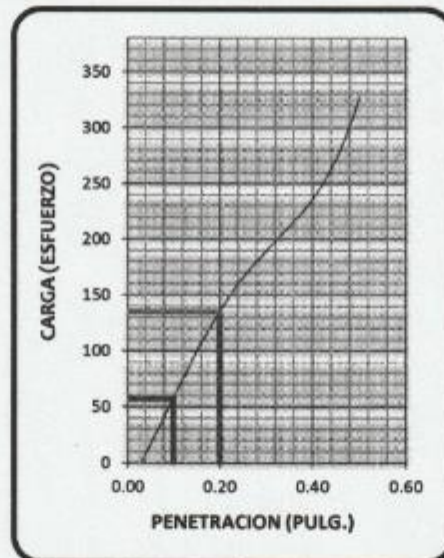
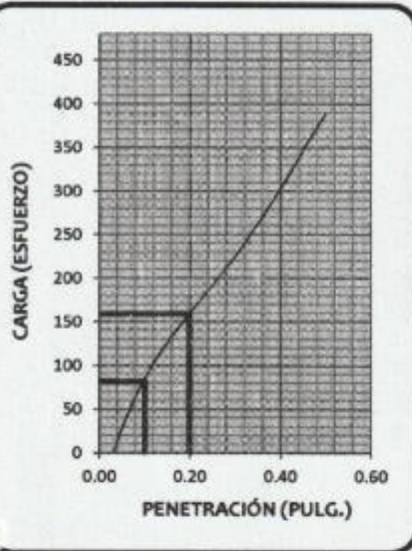
**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883****0% DE CENIZA ORGANICA**

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1.50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %
1	56	8.1	1.350	0.54
2	25	5.7	1.296	0.91
3	10	1.9	1.237	1.58

**KLAFFER SAC.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOSIng. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TECNICO CP 19536 REG. CONSULTOR E 1998  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD  
(GUÍA PERUANA INDECOPI- GP 004- 1993)



**KLAFER S.A.C.**

UNIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES

GEOTECNIA Y GEOLOGIA

ESTUDIOS ESPECIALES

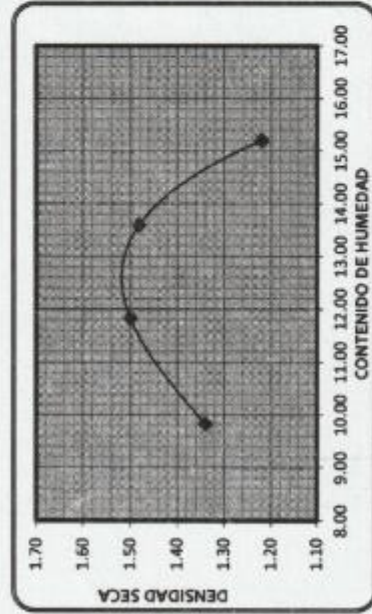
RUC 20487134911

EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASAMIENTOS ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

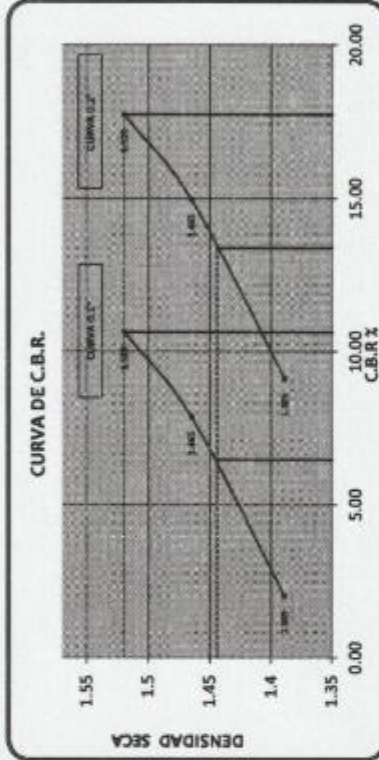
**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1063**

**15% DE CENIZA ORGÁNICA**

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 2
PROF. (m)	1,50



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.52 (gr/cm<sup>3</sup>)  
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 11.56 (%)



Penetración (pulg.)	Σ M.D.S.	CBR %
0.1	100	10.63
0.1	95	6.47
0.2	100	17.73
0.2	95	13.38

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO CUAL LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU FAVORABLE FORMA DEBIDA A PROPOSITOS EDUCATIVOS (GR. 004. 1978).



**KLAFER SAC.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Duacuas  
 ASesor TÉCNICO N° 7818 REG. CONSEJO C. 1988  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

-En Huancayo

: Calle Real 445 Chilca Huancayo

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBANELERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESNGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

RPC: 957259680



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

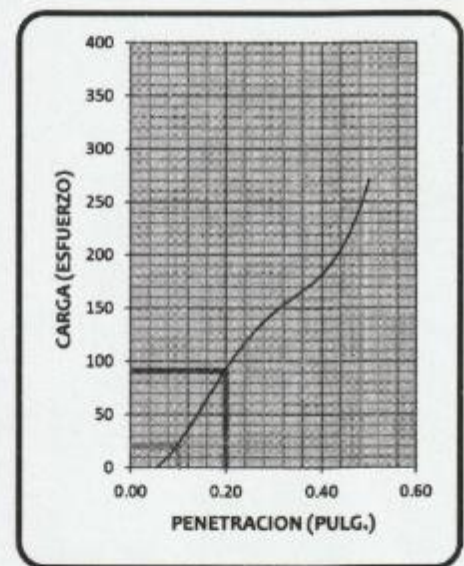
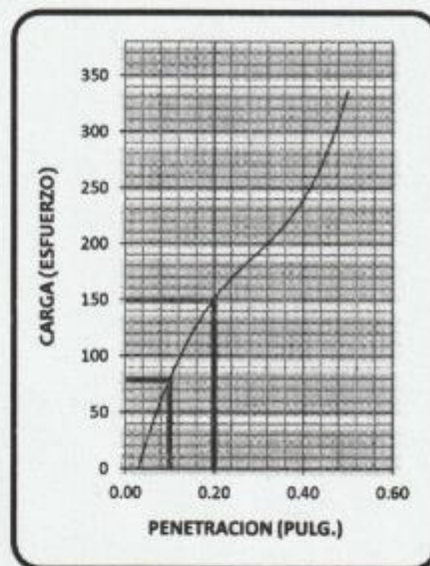
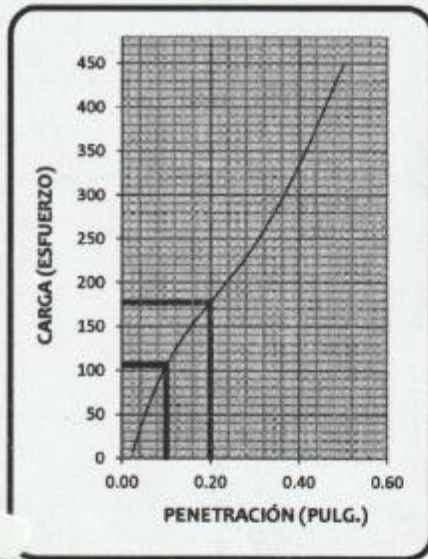
15% DE CENIZA ORGANICA

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 2
PROF. (m)	1.50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm³)	Expansión %
1	56	10.6	1.520	0.44
2	25	7.9	1.465	0.90
3	10	2.0	1.389	1.50



**KLAFER SAC.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASESOR TÉCNICO O.P. 7876 REG. CONSULTOR C. 3588  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA.

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD  
 (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



**KLAFER S.A.C.**

UNIÓN DE MEZCLAS DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES

GEOTECNIA Y GEOLOGIA

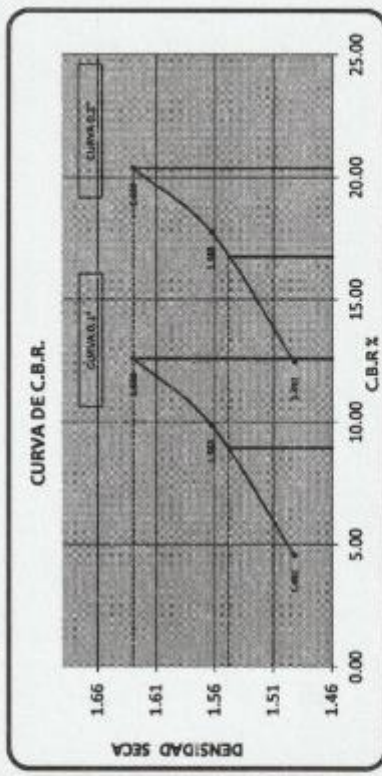
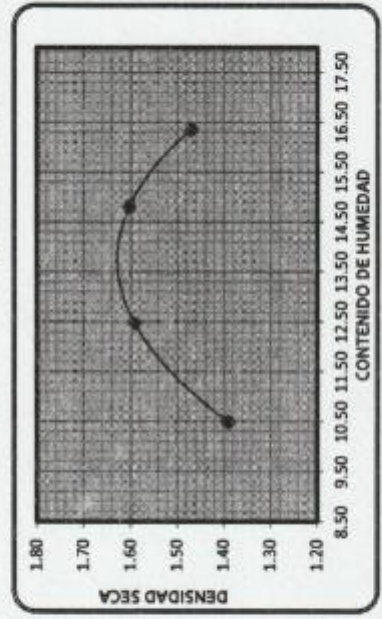
ESTUDIOS ESPECIALES  
RUC 20-487134911

EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERRE GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASAMIENTOS ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR - ASTM D1883**

**25% DE CENIZA ORGÁNICA**

CALICATA	C-01
MUESTRA	M-3
PROF. (m)	1,50



Penetración (pulg.)	% M.I.D.S.	CBR %
0.1	100	12.59
0.1	95	8.94
0.2	100	20.36
0.2	95	16.75

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.65 (gr/cm³)  
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 13.70 (%)

**KLAFER SAC**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS

**Ing. Civil Marino Peña Dueñas**  
 ASISTENTE TECNICO Nº 1838 REG. CONGADTOR Nº 3988  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE SEA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD COMO RESULTADO DE UN PROYECTO (EJ. 2004 - 2005)

-En Huancayo : Calle Real 445 Chilca Huancayo

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

RPC: 957259680



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

## DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

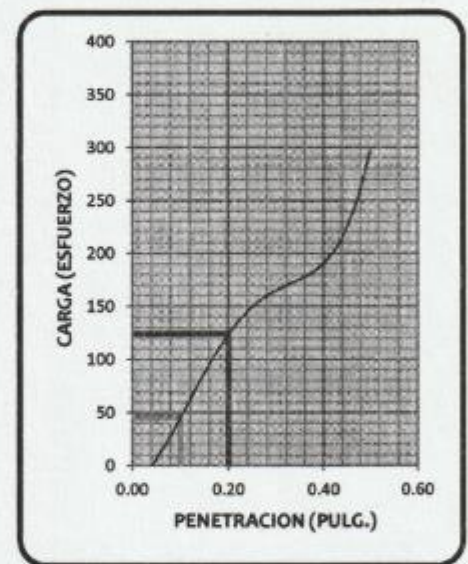
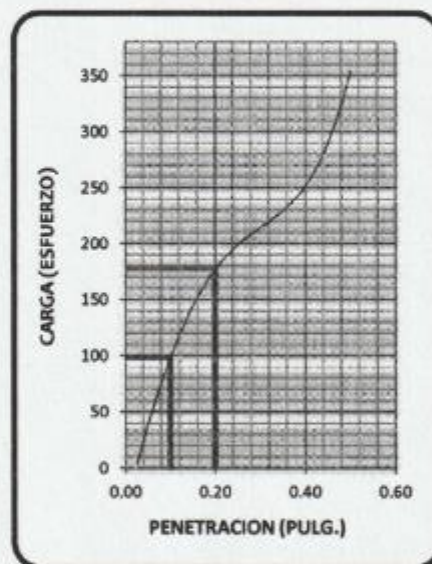
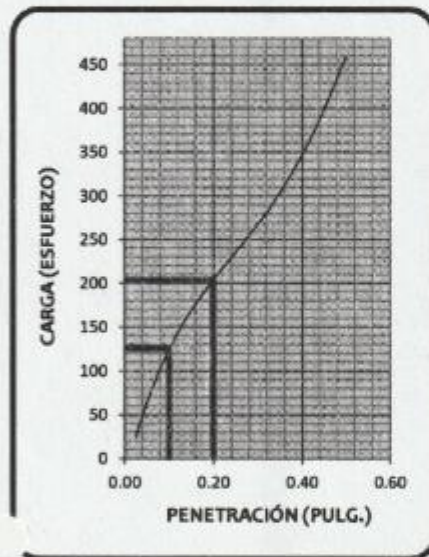
## 25% DE CENIZA ORGANICA

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 3
PROF. (m)	1.50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %
1	56	12.6	1.630	0.41
2	25	9.9	1.563	0.83
3	10	4.5	1.492	1.43

**KLAFER SAC.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECÁNICA DE SUELOSIng. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO C-0016 REG. CONSULTOR C-5988  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD  
(GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

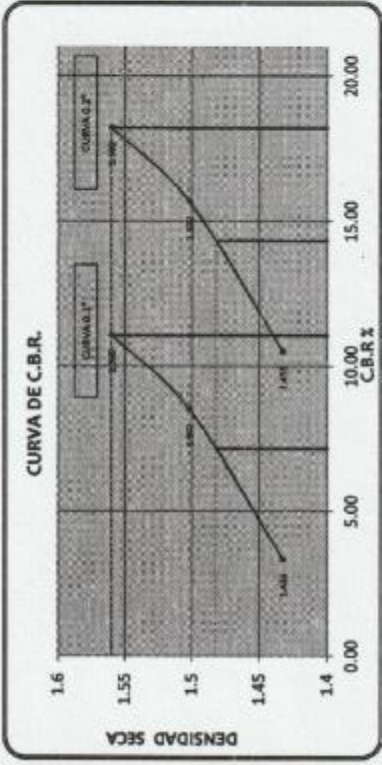
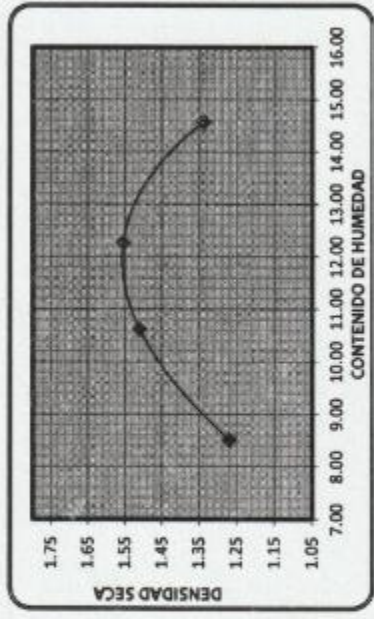


EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : \*APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS\*  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR, ASTM D1883**

**35% DE CENIZA ORGÁNICA**

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 3
PROF. (m)	1,50



Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0.1	100	11.05
0.1	95	7.16
0.2	100	18.21
0.2	95	14.33

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.56 (g/cm³)  
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 11.90 (%)

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

ESTE ES UN DOCUMENTO NO PODRÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (DISEÑO, FOTOGRAFÍA, TEXTO, ETC.). (PÁG. 01 DE 01)

**KLAFER SAC**  
 UNIDAD DE INGENIERÍA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil **Martino Peña Dueñas**  
 ABSCRITICO Nº 9886 REG. CONS. RUC Nº 988  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

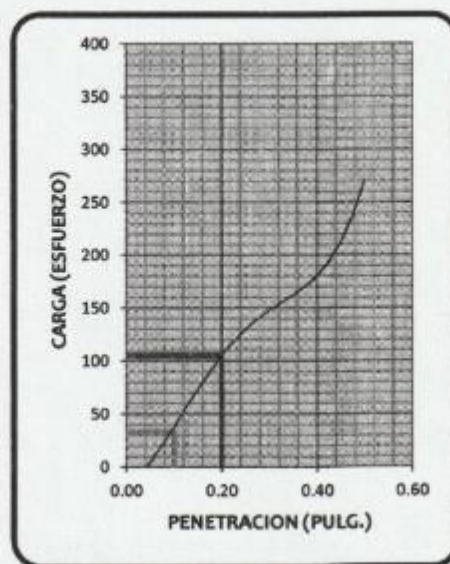
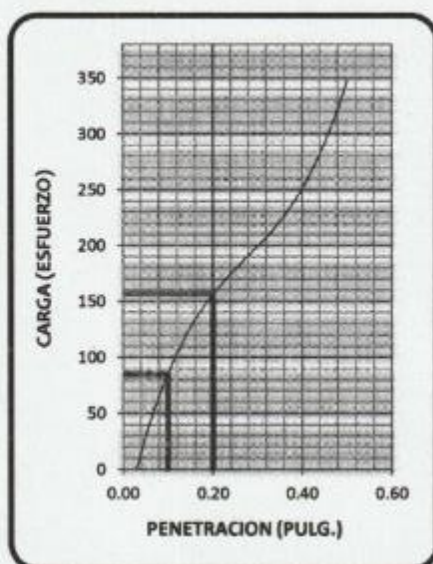
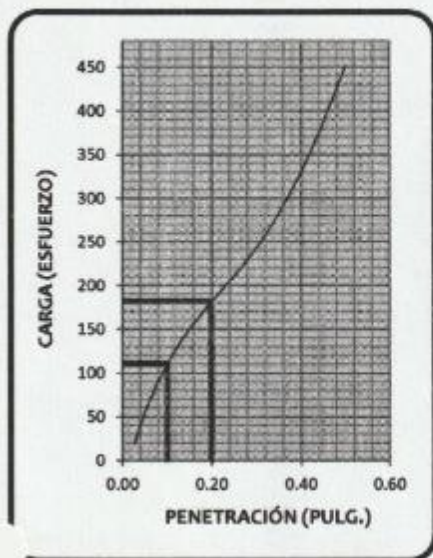
**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883**
**35% DE CENIZA ORGANICA**

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 3
PROF. (m)	1.50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %
1	56	11.1	1.560	0.47
2	25	8.5	1.502	0.87
3	10	3.3	1.433	1.49


**KLAFER SAC.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS

 Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASESOR TÉCNICO CH 78906 REG. CONSULTOR C 5988  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD  
 (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



**EXPEDIENTE N°** : 049 – 2020  
**ESTUDIO** : ENERO  
**ATENCIÓN** : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
**PROYECTO** : “APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS”  
**FECHA DE RECEPCION** : 13 DE ENERO DEL 2020  
**FECHA DE EMISIÓN** : 31 DE ENERO DEL 2020

Código orden de Trabajo: P-2020	Sondeo : Calicata C-2	Profundidad (m) : 1.50
Tipo de material : Suelo	Condiciones de muestra: Muestra Alterada	Ubicación : Av. Vía evitamiento, Prog 0+500

ENSAYOS:	MÉTODO:
Análisis Granulométrico por tamizado	NTP 330.128 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
Límites de Consistencia	NTP 330.129 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de suelos
Clasificación SUCS	NTP 339.134 Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2"	50.000	100.00
1 1/2"	37.500	97.67
1"	25.000	96.30
3/4"	19.000	90.71
3/8"	9.500	87.06
N°4	4.750	83.42
N°10	2.000	80.84
N°20	0.850	79.09
N°40	0.425	70.37
N°80	0.250	54.06
N°140	0.106	32.52
N°200	0.075	31.14

**CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA**

FINO	ARENA	GRAVA
31.14%	52.28%	16.58%
	100.00%	

**CLASIFICACIÓN (S.U.C.S)**

SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
----	------------------------

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**


MÉTODO DE ENSAYO	Multipunto
PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	Húmeda

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

% LÍMITE LÍQUIDO	37.00
% LÍMITE PLÁSTICO	25.00
% LÍMITE PLÁSTICO	12.00



**KLAFER S.A.C.**  
 UNIDAD DE INGENIERÍA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS  
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASISTENTE TÉCNICO (CP 1994) REG. ÚNICO (MTC) 1999  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI-CP-004-1999)



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

Código orden de Trabajo: P-2020      Sondeo : Calicata C-2      Profundidad (m) : 1.50  
 Tipo de material : Suelo      Condiciones de muestra: Muestra Alterada      Ubicación : Av. Vía evitamiento, Prog 0+500

ENSAYOS:	MÉTODO:
Análisis Granulométrico por tamizado	NTP 330.128 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
Límites de Consistencia	NTP 330.128 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de suelos.
Clasificación SUCS	NTP 339.134 Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA		
% GRAVA	GG %	9.29
	GF %	7.29
% ARENA	AG %	2.58
	AM %	10.47
	AF %	39.23
% FINOS		31.14
Tamaño Maximo de la Grava (pulg)		2"
Forma del suelo grueso		Redondeada
Porcentaje retenido en la 3 pulg (%)		0.00
Coeficiente de Curvatura		0.17
Coeficiente de Uniformidad		52.68

### CURVA GRANULOMÉTRICA



FINO	31.14%	ARENA	52.28%	GRAVA	16.58%
------	--------	-------	--------	-------	--------

**KLAFER S.A.C.**  
 LINEAS DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS  
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASISTENTE TECNICO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1995)

**EXPEDIENTE N°** :049 – 2020  
**ESTUDIO** : ENERO  
**ATENCIÓN** : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
**PROYECTO** : “APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS”  
**FECHA DE RECEPCION** : 13 DE ENERO DEL 2020  
**FECHA DE EMISIÓN** : 31 DE ENERO DEL 2020

ENSAYOS:	MÉTODO:
Contenido de Humedad	NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

CÓDIGO ORDEN DE TRABAJO	SONDEO	MUESTRA	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE MATERIAL	CONDICIÓN DE MUESTRA	MÉTODO	% DE HUMEDAD
P-2020	C-2	M-2	Av. Vía evitamiento, Prog 0+500	1.5	SUELO	MUESTRA ALTERADA	B	20.7



**KLAFFER S.A.C.**  
 UNIDAD DE INGENIERÍA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS  
 Ing. Civil **Mario Peña Dueñas**  
 ASISTENTE DE INGENIERO CONSERVACIONISTA  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

**DATOS DE LA MUESTRA**

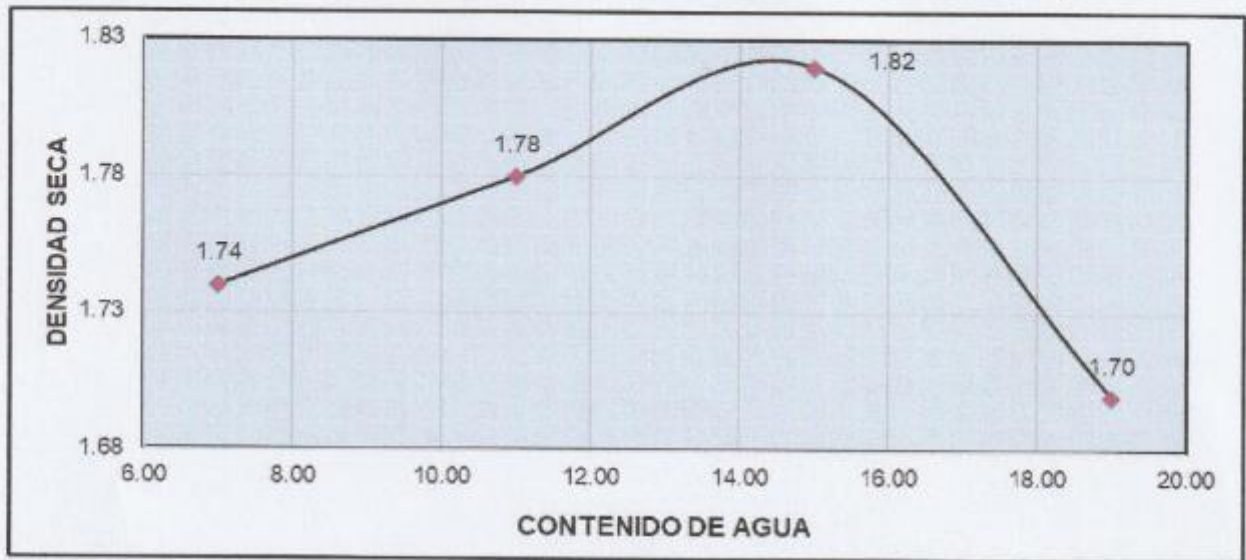
CALICATA : C-2, PROG. 0+500

**ENSAYO PROCTOR MÉTODO A**

VOLUMEN DEL MOLDE: 944.00

Peso suelo + molde	3464.50	3573.00	3677.50	3616.00
Peso del molde	1703.50	1703.50	1703.50	1703.50
Peso suelo humedo compactado	1761.00	1870.00	1974.00	1913.00
Peso volumetrico humedo	1.87	1.98	2.09	2.03
Recipiente N°	Y-1	CAP-05	CAOP-28	SS
Peso suelo humedo + tara	59.55	58.30	51.68	68.28
Peso suelo seco + tara	52.55	47.30	36.68	49.28
Tara	31.15	25.48	23.42	28.20
Peso del agua	7.00	11.00	15.00	19.00
Peso suelo seco	21.40	21.82	13.26	21.08
Contenido de agua	7.00	11.00	15.00	19.00
Peso volumetrico seco	1.74	1.78	1.82	1.70

DENSIDAD SECA MAXIMA: 1.820 GR/CM3  
 CONTENIDO DE AGUA: 14.50%



**KLAFER SAC.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS  
 Ing. Civil *Marino Peña Dueñas*  
 ABUSO TECNICO 09/06/1994 RES. COMIS. SUP. 1994  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEODINAMICA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPRI GP-004: 1993)

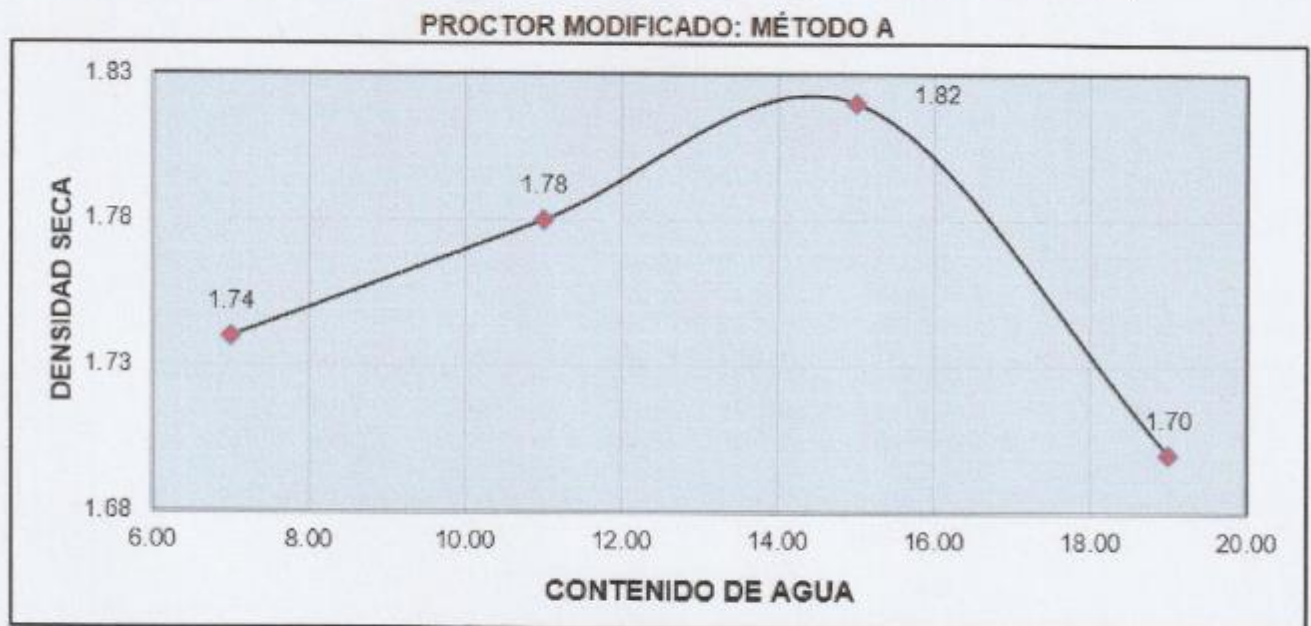


EXPEDIENTE N° : 049 – 2020  
ESTUDIO : ENERO  
ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
PROYECTO : “APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS”  
FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500

Máxima Densidad Seca	1.820 GR/CM3
Óptimo Contenido de Humedad	14.50%



**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

 **KLAFER SAC.**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

*Ing. Civil Marino Peña Dueñas*  
ABRIL TÉCNICO CP 1041 RES. CONSTRUCCIÓN 1991  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

**EXPEDIENTE N°** : 049 - 2020  
**ESTUDIO** : ENERO  
**ATENCIÓN** : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
**PROYECTO** : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
**FECHA DE RECEPCION** : 13 DE ENERO DEL 2020  
**FECHA DE EMISIÓN** : 31 DE ENERO DEL 2020

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500

ENSAYO PRELIMINAR PROCTOR MODIFICADO					
Contenido de agua	%	7.00	11.00	15.00	19.00
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>2</sup>	1.743	1.784	1.818	1.702

ETAPA DE COMPACTACIÓN			
IDENTIFICACION DEL MOLDE	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
NUMERO DE CAPAS	5.00	5.00	5.00
GOLPES POR CAPA	10.00	25.00	56.00

MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
Peso del molde + suelo húmedo	8751	8791	8388
Peso del molde	4651	4539	3963
Peso del suelo húmedo	4101	4253	4426
Volumen del molde	2106	2106	2106
Densidad húmeda	1.947	2.019	2.101
% de humedad	14.50	14.50	14.50
Densidad seca	1.70	1.76	1.84
Tara N°	CAP-12	SS	CAP-03
Tara + suelo húmedo	61.51	56.22	54.52
Tara + suelo seco	57.26	52.53	50.52
Peso del agua	4.25	3.69	4.00
Peso de la tara	26.49	28.16	23.56
Peso del suelo seco	30.77	24.37	26.96
% de humedad	13.81	15.14	14.84

CBR AL 100% DE LA M.D.S.	%	27.37
CBR AL 95% DE LA M.D.S.	%	16.71
MDS	GR/CM3	1.82
OCH	%CH	14.50



**KLA FER S.A.C.**  
 UNIDAD DE INGENIERÍA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS  
 Ing. Civil Mario Peña Dueñas  
 ASISTENTE TECNICO DE INGENIERIA REG. JUNCO. LINEA 1985  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: GP1004: 1995)

**EXPEDIENTE N°** : 049 - 2020  
**ESTUDIO** : ENERO  
**ATENCIÓN** : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
**PROYECTO** : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 13 DE ENERO DEL 2020  
**FECHA DE EMISIÓN** : 31 DE ENERO DEL 2020

CALICATA : C-2, PROG. 0+500

ESPECIMEN I (10)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.308	69.24	23.08
0.610	137.13	45.71
0.745	167.48	55.83
0.964	216.71	72.24
1.256	282.35	94.12
1.636	367.77	122.59
2.156	484.67	161.56
3.380	759.82	253.27
4.580	1029.58	343.19
5.755	1293.72	431.24

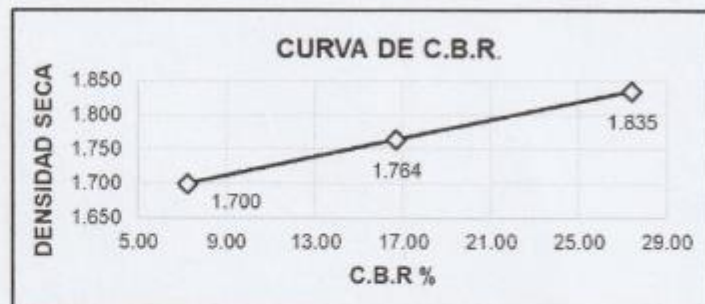
ESPECIMEN II (25)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.350	78.68	26.23
0.991	222.78	74.26
1.640	368.67	122.89
2.230	501.30	167.10
2.797	628.77	209.59
3.407	765.89	255.30
4.402	989.57	329.86
5.950	1337.56	445.85
7.533	1693.42	564.47
8.760	1969.25	656.42

ESPECIMEN III (56)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.740	166.35	55.45
1.782	400.59	133.53
2.919	656.19	218.73
3.653	821.19	273.73
4.523	1016.77	338.92
5.425	1219.54	406.51
6.631	1490.65	496.88
8.992	2021.40	673.80
10.809	2429.86	809.95
12.520	2814.50	938.17

C.H.	DENS. SECA
7.00	1.743
11.00	1.784
15.00	1.818
19.00	1.702



N° GOLPES	% CBR	D.S.
10.00	7.20	1.700
25.00	16.70	1.764
56.00	27.40	1.835



MDS	1.82
95 % MDS	1.729
(10) MDS	

CBR AL 100%  
 CBR AL 95%

KLAFER SAC.  
 UNIDAD DE INGENIERÍA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS  
  
 Ing. Civil **Marino Peña Dueñas**  
 27.4  
 16.7  
 ASISTENTE TÉCNICO DE PUESTA EN OBRAS DE SUELOS  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: 09-2004, 1993)

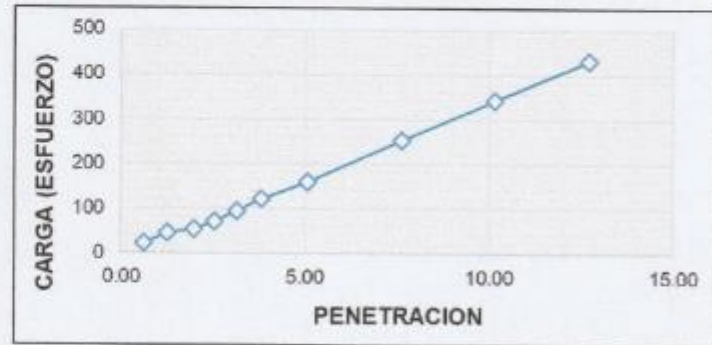


EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

CALICATA : C-2, PROG. 0+500

### PENETRACION

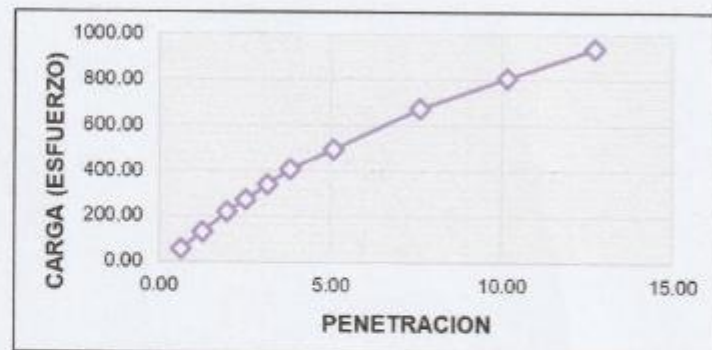
	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
10 GOLPES	0.308	89.20	3.00	23.08	0.63
	0.610	137.10	3.00	45.71	1.27
	0.745	167.50	3.00	55.83	1.99
	0.964	216.70	3.00	72.24	2.54
	1.256	282.30	3.00	94.12	3.17
	1.636	367.80	3.00	122.59	3.81
	2.156	484.70	3.00	161.56	5.08
	3.380	759.80	3.00	253.27	7.62
	4.580	1029.80	3.00	343.19	10.16
	5.755	1293.70	3.00	431.24	12.70



	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
25 GOLPES	0.350	78.70	3.00	26.23	0.63
	0.991	222.80	3.00	74.26	1.27
	1.840	368.70	3.00	122.89	1.99
	2.230	501.30	3.00	167.10	2.54
	2.797	628.80	3.00	209.59	3.17
	3.407	765.90	3.00	255.30	3.81
	4.402	989.80	3.00	329.86	5.08
	5.950	1337.80	3.00	445.85	7.62
	7.533	1693.40	3.00	564.47	10.16
	8.760	1909.20	3.00	656.42	12.70



	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
56 GOLPES	0.740	166.40	3.00	55.47	0.63
	1.782	400.80	3.00	133.53	1.27
	2.919	656.20	3.00	218.73	1.99
	3.650	821.20	3.00	273.73	2.54
	4.523	1016.80	3.00	338.92	3.17
	5.425	1219.50	3.00	408.51	3.81
	6.631	1490.80	3.00	496.88	5.08
	8.992	2021.40	3.00	673.80	7.62
	10.809	2429.90	3.00	809.95	10.16
	12.520	2814.50	3.00	938.17	12.70



KLA FER S.A.C.  
LINIAC DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Mario Peña Dueñas  
AREN° 10000 CP 1984 REG. CON. L. N. C. 198  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: GP-004: 1993).





**KLAFER S.A.C.**

DIVISIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIAS  
CALLE BEAL 4431 CHILE/CA DUMINGAYO

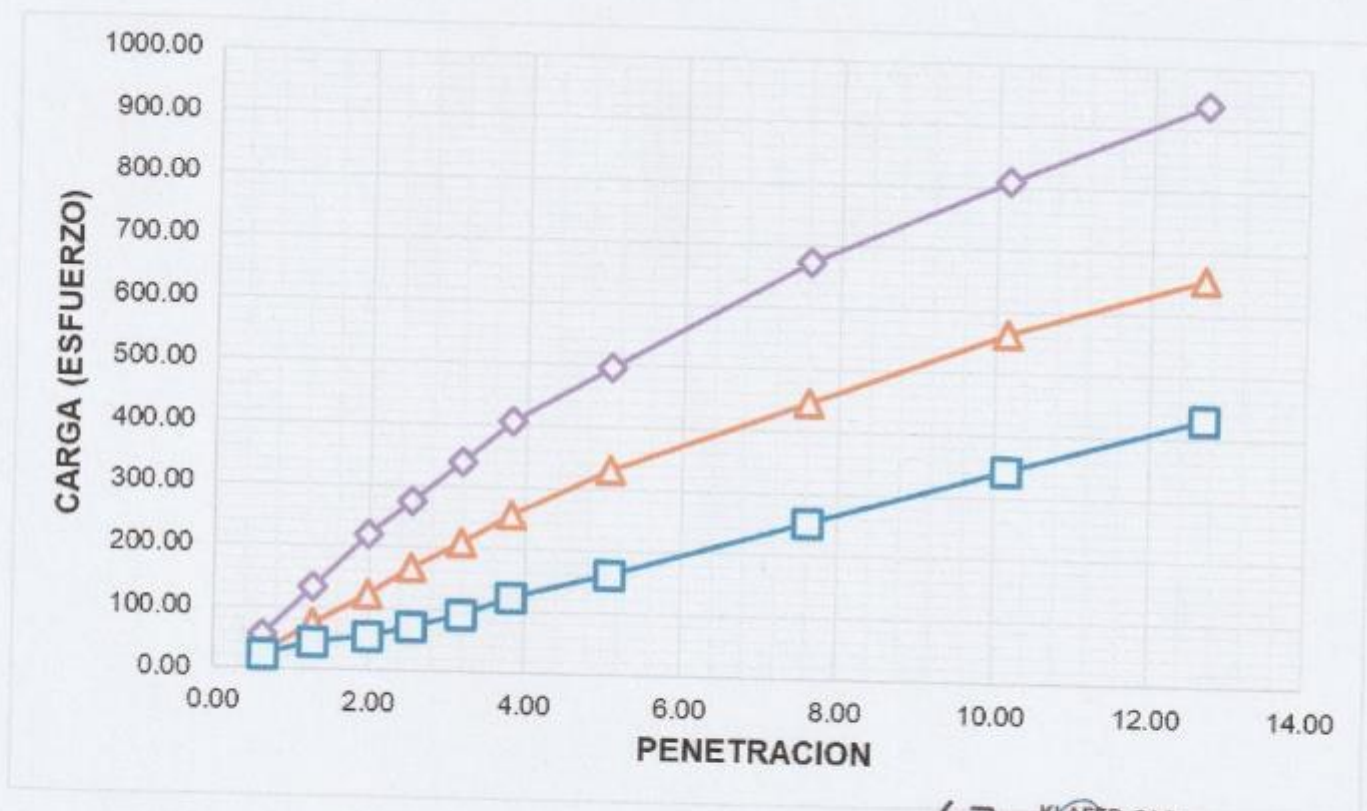
GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

ESTUDIOS ESPECIALES

RUC 20487134911

EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
ESTUDIO : ENERO  
ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

CALICATA : C-2, PROG. 0+500



KLAFER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marco Peña Dueñas  
REG. CUNDA TUCO 398  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y CERÁMICA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

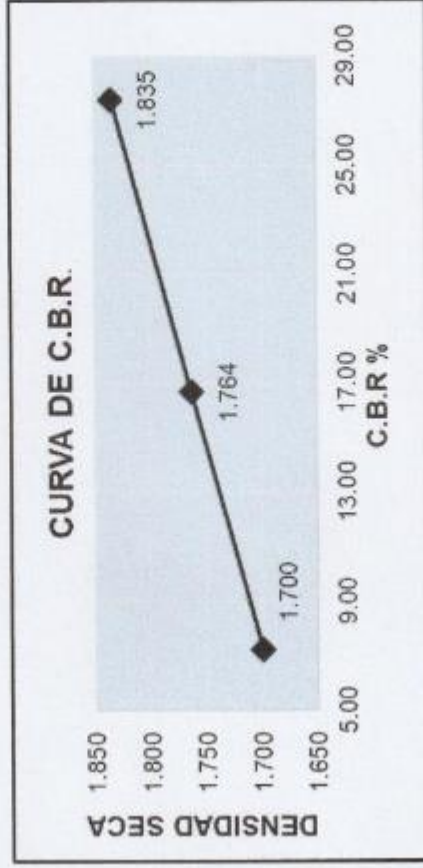
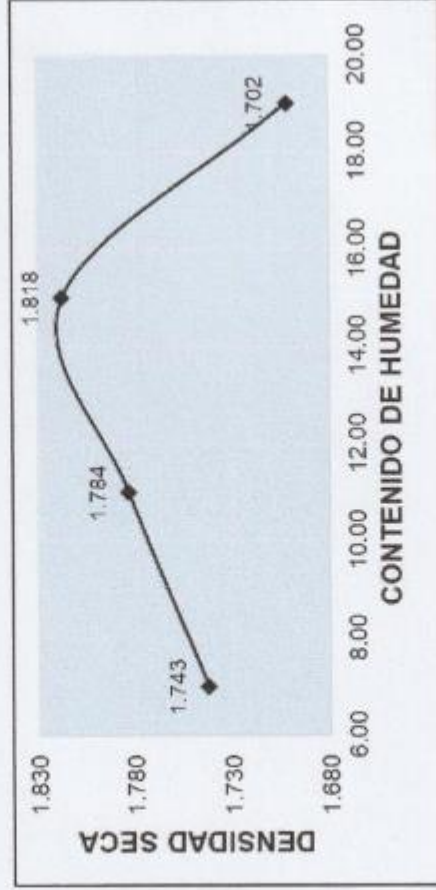
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004; 1993)

EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
ESTUDIO : ENERO  
ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR NTP 339.145 / ASTM D1883

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500



Ing. Civil **Mario Peña Durán**  
ARQUITECTO DE PROFESION N° 10000  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
COMITÉ CONSULTIVO TÉCNICO

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.  
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: SP-004: 1993)

**EXPEDIENTE N°** : 049 - 2020  
**ESTUDIO** : ENERO  
**ATENCIÓN** : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
**PROYECTO** : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
**FECHA DE RECEPCION** : 13 DE ENERO DEL 2020  
**FECHA DE EMISIÓN** : 31 DE ENERO DEL 2020

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR**  
**NTP 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-2, PROG. 0+500

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

Máxima Densidad Seca	1.820 g/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	14.50%

**ENSAYO DE CBR**

Espécimen	Numero de golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %	Penetración (pug.)	% M.D.S.	CBR %
1.00	56.00	27.4	1.835	0.021	0.10	100.00	27.4
2.00	25.00	16.7	1.764	0.058	0.10	95.00	16.7
3.00	10.00	7.2	1.700	0.083			

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: SP-004: 1993)



**KLAFFER SAC.**  
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 Ing. Civil Marjano Peña Dueñas  
 ABSCOR TÉCNICO DE PUNTO REG. CORRIENTE 108  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 15%)

ENSAYO PRELIMINAR PROCTOR MODIFICADO					
Contenido de agua	%	8.00	12.00	16.00	20.00
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>2</sup>	1.758	1.875	1.8	1.659

ETAPA DE COMPACTACIÓN			
IDENTIFICACION DEL MOLDE	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
NUMERO DE CAPAS	5.00	5.00	5.00
GOLPES POR CAPA	10.00	25.00	56.00

MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
Peso del molde + suelo húmedo	8010	8843	9038
Peso del molde	3962	4600	4595
Peso del suelo húmedo	4048	4243	4444
Volumen del molde	2106	2106	2106
Densidad húmeda	1.922	2.014	2.110
% de humedad	12.02	12.02	12.02
Densidad seca	1.72	1.80	1.88
Tara N°	K-L	CAP-20	CAP-42
Tara + suelo húmedo	60.48	50.69	55.42
Tara + suelo seco	56.88	48.02	52.75
Peso del agua	3.60	2.67	2.67
Peso de la tara	26.95	25.97	30.45
Peso del suelo seco	29.93	22.05	22.30
% de humedad	12.03	12.11	11.97

CBR AL 100% DE LA M.D.S. % 31.25  
 CBR AL 95% DE LA M.D.S. % 23.38  
 MDS GR/CM3 1.88  
 OCH %CH 12.02

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDI-COPI: GP-004: 1993)

 **KLAFER S.A.C.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS  
 Ing. Civil **Marino Peña Dueñas**  
 AB INGENIERO DE SUELOS Y GEOTECNIA  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA



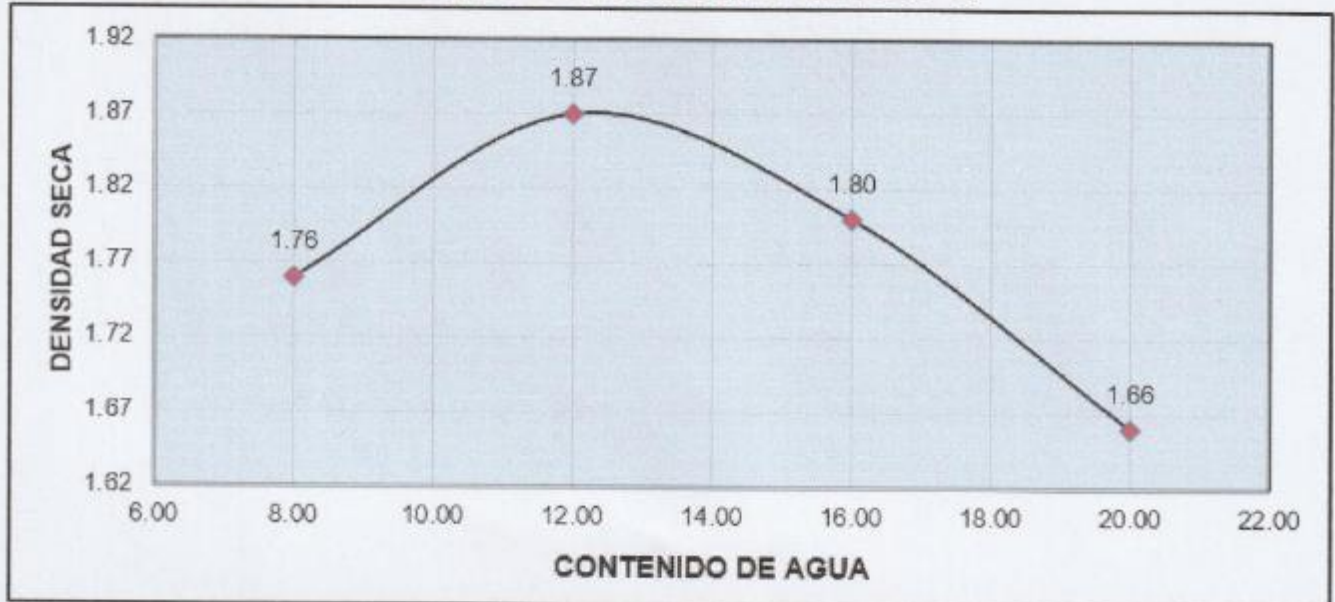
EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
ESTUDIO : ENERO  
ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

## DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 15%)

Máxima Densidad Seca	1.875 GR/CM <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	12.02%

## PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A



KLA FER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ABSOR TÉCNICO DE 1988. 450 HORAS DE CURSO  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI- GP-004/1999)



EXPEDIENTE N° :049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 15%)

ESPECIMEN I (10)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.584	131.28	43.76
1.108	249.08	83.03
1.652	371.37	123.79
2.168	487.37	162.46
2.482	557.95	185.98
2.960	665.41	221.80
3.692	829.96	276.65
5.233	1,176.38	392.13
6.420	1,443.22	481.07
7.623	1,713.65	571.22

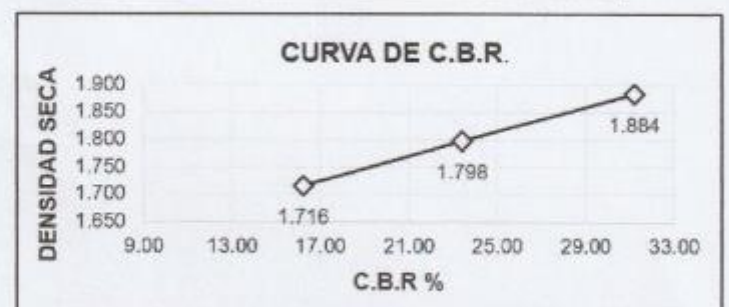
ESPECIMEN II (25)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.830	186.58	62.19
1.480	332.70	110.90
2.370	532.78	177.59
3.120	701.38	233.79
3.825	859.86	286.62
4.460	1,002.61	334.20
5.480	1,231.90	410.63
7.370	1,656.78	552.26
8.850	1,989.48	663.16
10.372	2,331.63	777.21

ESPECIMEN III (56)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
1.184	266.16	88.72
2.248	505.35	168.45
3.266	734.20	244.73
4.170	937.42	312.47
5.078	1,141.53	380.51
5.798	1,303.39	434.46
7.257	1,631.37	543.79
9.820	2,207.54	735.85
11.992	2,695.80	898.60
14.526	3,564.44	1,088.48

C.H.	DENS. SECA
8.00	1.758
12.00	1.875
16.00	1.800
20.00	1.659



N° GOLPES	% CBR	D.S.
10.00	16.20	1.716
25.00	23.40	1.798
56.00	31.20	1.884



MDS	1.88
95 % MDS	1.781
(10) MDS	

CBR AL 100%

31.2

CBR AL 95%

23.4

KLAFFER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Marco Peña Dávalos  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
 COMITÉ SELECCIONADO Y GEDAGAR

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de los datos.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI- GP-004-1999)

RPC: 957259680

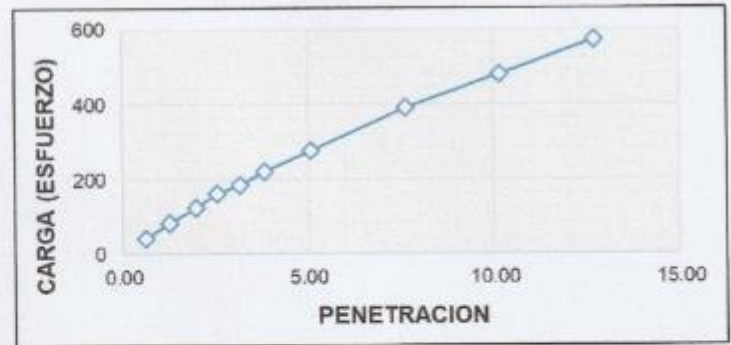


EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 15%)

### PENETRACION

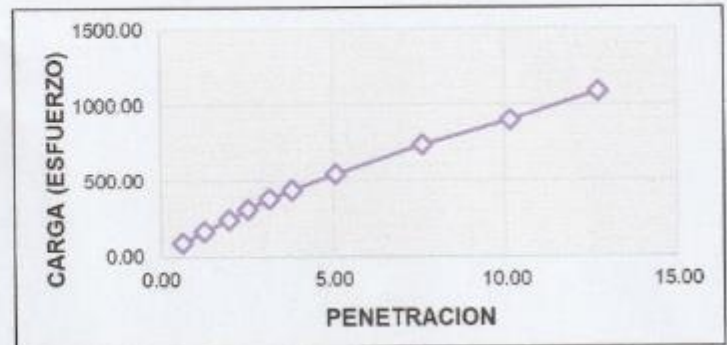
	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
10 GOLPES	0.584	131.30	3.00	43.76	0.63
	1.108	249.10	3.00	83.03	1.27
	1.852	371.40	3.00	123.79	1.99
	2.188	487.40	3.00	182.48	2.54
	2.482	558.00	3.00	185.98	3.17
	2.960	665.40	3.00	221.80	3.81
	3.892	830.00	3.00	276.85	5.08
	5.233	1176.40	3.00	392.13	7.62
	8.420	1443.20	3.00	481.07	10.16
	7.823	1716.70	3.00	571.22	12.70



	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
25 GOLPES	0.830	186.60	3.00	62.19	0.63
	1.480	332.70	3.00	110.90	1.27
	2.370	532.80	3.00	177.59	1.99
	3.120	701.40	3.00	233.79	2.54
	3.825	859.90	3.00	286.62	3.17
	4.460	1002.60	3.00	334.20	3.81
	5.480	1231.90	3.00	410.63	5.08
	7.370	1656.80	3.00	552.26	7.62
	8.850	1989.50	3.00	663.16	10.16
	10.372	2331.60	3.00	777.21	12.70



	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
56 GOLPES	1.184	268.20	3.00	88.72	0.63
	2.248	505.40	3.00	168.45	1.27
	3.266	734.20	3.00	244.73	1.99
	4.170	937.40	3.00	312.47	2.54
	5.078	1141.50	3.00	380.51	3.17
	5.798	1303.40	3.00	434.46	3.81
	7.257	1631.40	3.00	543.79	5.08
	9.820	2207.50	3.00	735.85	7.62
	11.992	2695.80	3.00	898.60	10.16
	14.526	3265.40	3.00	1088.48	12.70



KLAFER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Mario Peña Dueñas  
ARQUITECTO DE P.N.P. REG. CONSULTOR 199  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

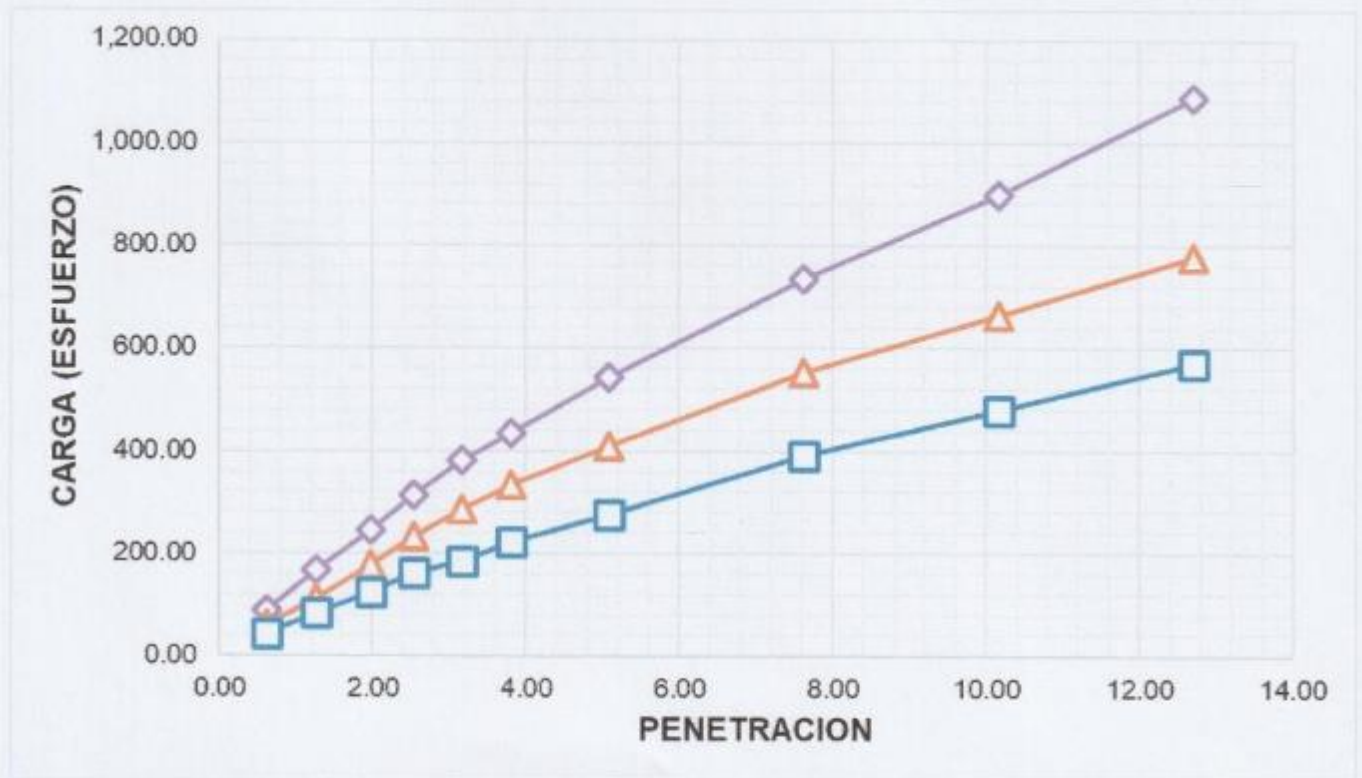
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004-1993)

RPC: 957259680



EXPEDIENTE N° :049 - 2020  
ESTUDIO : ENERO  
ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 15%)



OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: GP-004: 1993)



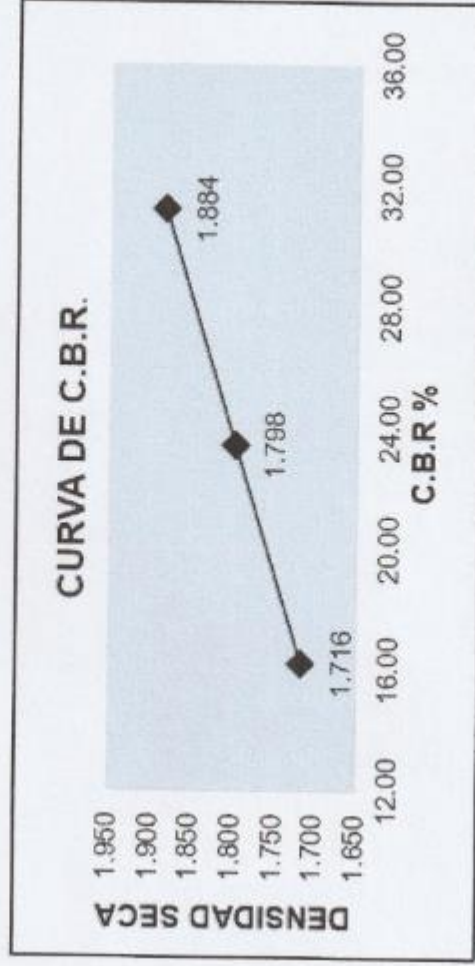
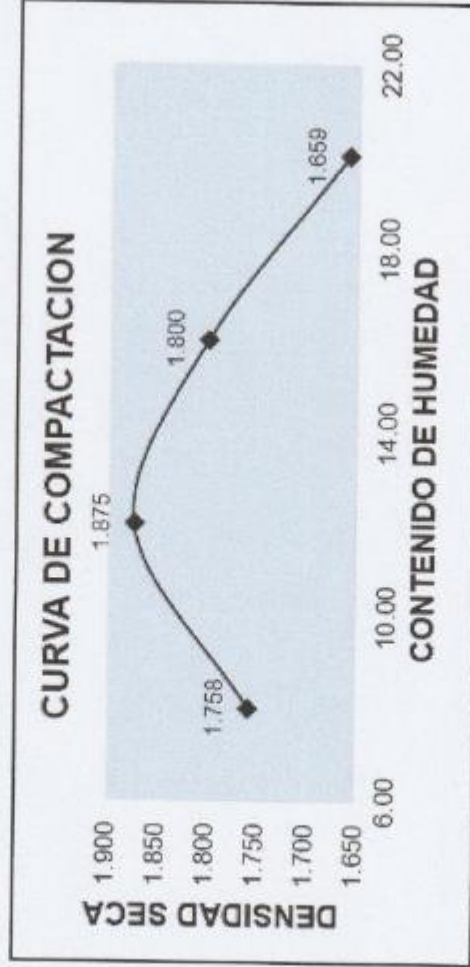
Ing. Civil Marco Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP PERÚ REG. CONS. 1016 C. 198  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEODINAMICA



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
ESTUDIO : ENERO  
ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

**DATOS DE LA MUESTRA** : ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR NTP 339.145 / ASTM D1883

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 15%)




**KLAFER S.A.C.**  
UNIVERSIDAD INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Mario Peña Dueñas  
APROBADO POR: RES. DIRECTIVA N° 004  
LICENCIADO EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.  
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: 09-2004:1999)



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
 NTP 339.145 / ASTM D1883

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 15%)

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

Máxima Densidad Seca	1.875 g/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	12.02%

**ENSAYO DE CBR**

Espécimen	Numero de golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %	Penetración (pug.)	% M.D.S.	CBR %
1.00	56.00	31.2	1.884	0.002	0.10	100.00	31.2
2.00	25.00	23.4	1.798	0.006	0.10	95.00	23.4
3.00	10.00	16.2	1.716	0.01			

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI- GP1004: 1993)



**KLAFER S.A.C.**  
 UNIDAD DE INGENIERÍA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil **Marino Peña Duenas**  
 ASISTENTE TÉCNICO CP INIA REG. CONSULTOR 1289  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

### DATOS DE LA MUESTRA

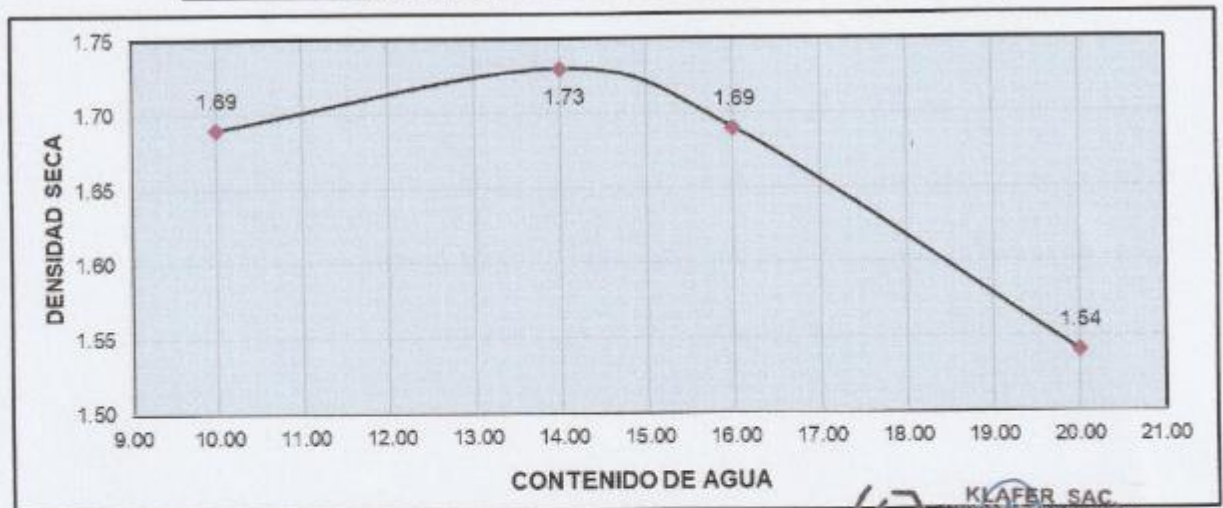
CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 25%)

### ENSAYO PROCTOR MÉTODO A

VOLUMEN DEL MOLDE: 944.00

Peso suelo + molde	3462.50	3581.50	3552.50	3451.50
Peso del molde	1703.00	1703.00	1703.00	1703.00
Peso suelo húmedo compactado	1760.00	1859.00	18.50	1749.00
Peso volumétrico húmedo	1.86	1.97	1.96	1.85
Recipiente N°	F-7	F-U	CAP-09	E-G
Peso suelo húmedo + tara	41.55	50.52	56.34	47.89
Peso suelo seco + tara	31.55	36.52	40.34	27.89
Tara	21.11	27.50	27.31	21.42
Peso del agua	10.00	14.00	16.00	20.00
Peso suelo seco	10.44	9.02	13.03	6.47
Contenido de agua	10.00	14.00	16.00	20.00
Peso volumétrico seco	1.69	1.73	1.69	1.54

DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.734 GR/CM<sup>3</sup>  
 CONTENIDO DE AGUA: 12.71%



KLAFER SAC

OFICINA DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 INGENIERO TÉCNICO DE INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN 1988  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEODINÁMICA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI/GP-004/1993)

RPC: 957259680



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 25%)

ENSAYO PRELIMINAR PROCTOR MODIFICADO					
Contenido de agua	%	10.00	14.00	16.00	20.00
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>2</sup>	1.694	1.727	1.689	1.544

ETAPA DE COMPACTACIÓN			
IDENTIFICACION DEL MOLDE	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
NUMERO DE CAPAS	5.00	5.00	5.00
GOLPES POR CAPA	10.00	25.00	58.00

MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
Peso del molde + suelo húmedo	7785	8645	8110
Peso del molde	3805	4595	3960
Peso del suelo húmedo	3980	4050	4150
Volumen del molde	2106	2106	2106
Densidad húmeda	1.890	1.923	1.971
% de humedad	12.71	12.71	12.71
Densidad seca	1.68	1.71	1.75
Tara N°	T-5	J-L	R-7
Tara + suelo húmedo	54.80	47.77	40.95
Tara + suelo seco	52.21	45.29	38.82
Peso del agua	2.59	2.48	2.13
Peso de la tara	31.02	25.60	22.05
Peso del suelo seco	21.19	19.89	16.77
% de humedad	12.22	12.60	12.70

CBR AL 100% DE LA M.D.S. % 32.61  
 CBR AL 95% DE LA M.D.S. % 23.94  
 MDS GR/CM3 1.73  
 OCH %CH 12.71



Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASISTENTE TÉCNICO DE PRUEBAS, REG. CANTÓN GUAYAS 1998  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (IGUÍA PERUANA INDCOPH: GP-004: 1993)

**EXPEDIENTE N°** : 049 - 2020  
**ESTUDIO** : ENERO  
**ATENCIÓN** : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
**PROYECTO** : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
**FECHA DE RECEPCION** : 13 DE ENERO DEL 2020  
**FECHA DE EMISIÓN** : 31 DE ENERO DEL 2020

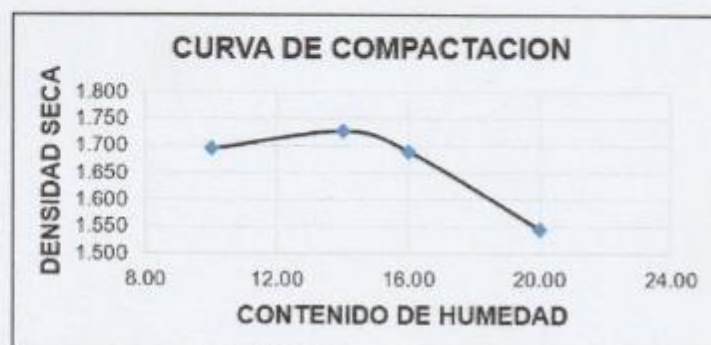
CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 25%)

ESPECIMEN I (10)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.322	72.39	24.13
1.043	234.47	78.16
1.785	401.27	133.76
2.305	518.16	172.72
2.774	623.60	207.87
3.139	705.65	235.22
4.231	951.13	317.04
6.042	1,358.24	452.75
7.663	1,722.64	574.21
9.628	2,164.37	721.46

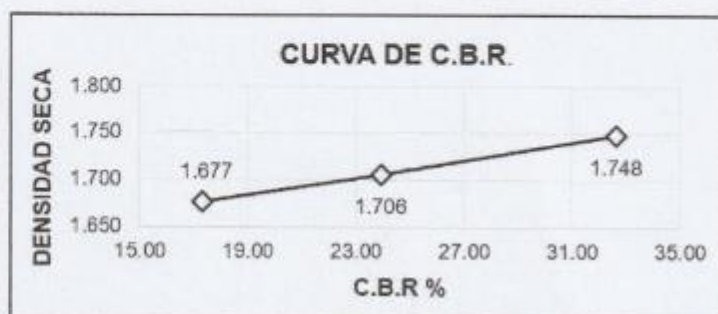
ESPECIMEN II (25)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.542	121.84	40.61
1.557	350.01	116.67
2.490	559.75	186.58
3.195	718.24	239.41
3.995	898.08	299.38
4.807	1,080.61	360.20
6.312	1,418.94	472.98
9.400	2,113.12	704.37
12.560	2,826.49	941.16
15.600	3,506.88	1,168.96

ESPECIMEN III (56)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
1.028	231.09	77.03
2.120	476.58	158.86
3.302	742.29	247.43
4.352	978.33	326.11
5.586	1,255.73	418.58
6.893	1,549.55	516.52
8.880	1,996.22	665.41
13.257	2,980.17	993.39
17.449	3,922.54	1,307.51
21.969	4,938.63	1,646.21

C.H.	DENS. SECA
10.00	1.694
14.00	1.727
16.00	1.689
20.00	1.544



N° GOLPES	% CBR	D.S.
10.00	17.30	1.677
25.00	23.90	1.706
56.00	32.60	1.748



MDS	1.73
95 % MDS	1.647
(10) MDS	

CBR AL 100%  
 CBR AL 95%


**KLAFER SAC.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS  
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASesor TECNICO DE TRABAJO CONSULTOR EN  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

32.6  
 23.9

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

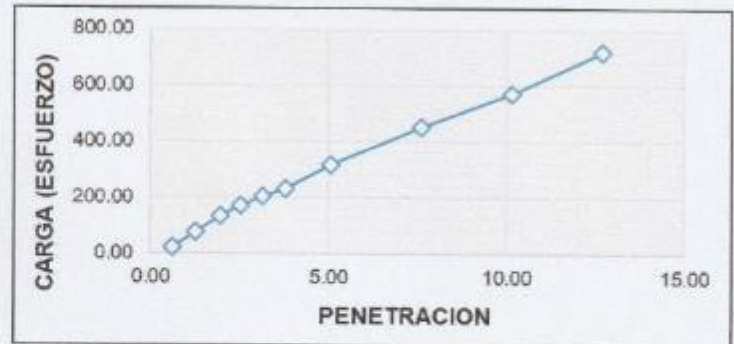
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: 01-004: 1993)

**EXPEDIENTE N°** :049 - 2020  
**ESTUDIO** : ENERO  
**ATENCIÓN** : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
**PROYECTO** : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
**FECHA DE RECEPCION** : 13 DE ENERO DEL 2020  
**FECHA DE EMISIÓN** : 31 DE ENERO DEL 2020

**CALICATA** : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 25%)

**PENETRACION**

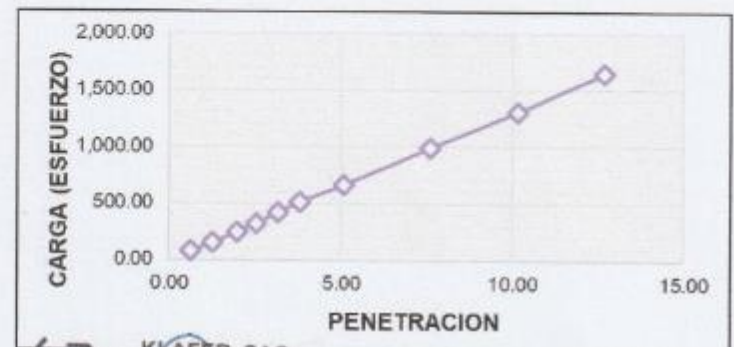
	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
10 GOLPES	0.322	72.40	3.00	24.13	0.63
	1.048	234.50	3.00	78.16	1.27
	1.785	401.30	3.00	133.78	1.99
	2.305	518.20	3.00	172.72	2.54
	2.774	623.80	3.00	207.87	3.17
	3.139	705.60	3.00	235.22	3.81
	4.231	951.10	3.00	317.04	5.08
	6.042	1358.20	3.00	452.75	7.82
	7.683	1722.80	3.00	574.21	10.16
	9.828	2184.40	3.00	721.46	12.70



	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
25 GOLPES	0.542	121.80	3.00	40.61	0.63
	1.557	350.00	3.00	116.67	1.27
	2.490	558.80	3.00	186.58	1.99
	3.195	718.20	3.00	239.41	2.54
	3.995	898.10	3.00	299.36	3.17
	4.807	1080.60	3.00	360.20	3.81
	6.312	1418.90	3.00	472.98	5.08
	9.400	2113.10	3.00	704.37	7.62
	12.560	2823.50	3.00	941.18	10.16
	15.600	3506.90	3.00	1188.95	12.70



	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
56 GOLPES	1.028	231.10	3.00	77.03	0.63
	2.120	476.60	3.00	158.86	1.27
	3.302	742.30	3.00	247.43	1.99
	4.352	978.30	3.00	326.11	2.54
	5.586	1255.70	3.00	418.58	3.17
	6.893	1549.50	3.00	516.52	3.81
	8.880	1996.20	3.00	665.42	5.08
	13.257	2980.20	3.00	993.39	7.62
	17.449	3922.50	3.00	1307.51	10.16
	21.969	4938.60	3.00	1846.21	12.70



**KLAFFER S.A.C.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS

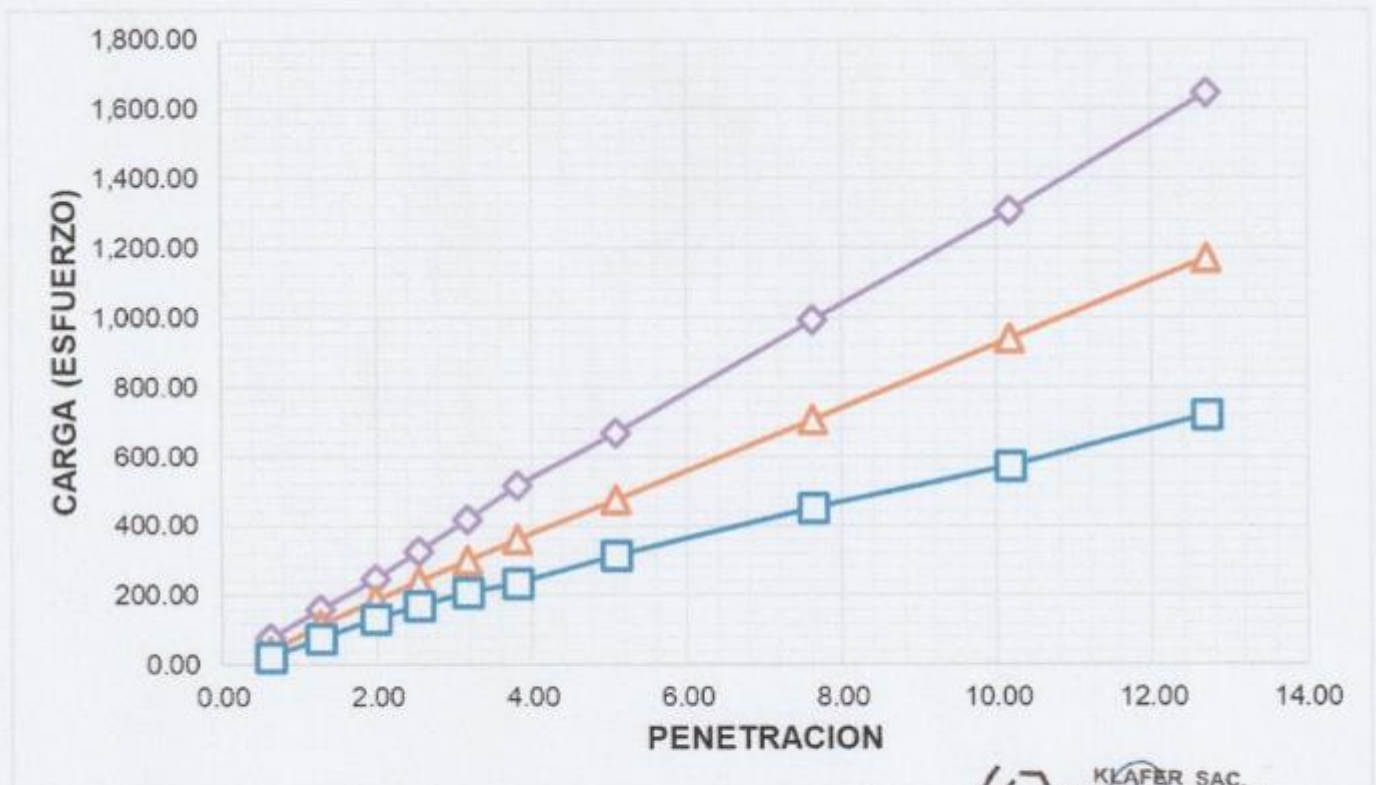
**Ing. Civil Mario Peña Dueñas**  
 ASESOR TÉCNICO CP 1988 REG. COLEGIADO 1988  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 25%)



**KLAFER SAC.**  
 UNIDAD DE INGENIERÍA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil **Marino Peña Dueñas**  
 ARSÓN TÉCNICO CP 7004 REG. CUNAJURE. 199  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI (GP-004: 1993))

EXPEDIENTE N° : 049 - 2020

ESTUDIO : ENERO

ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ

PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"

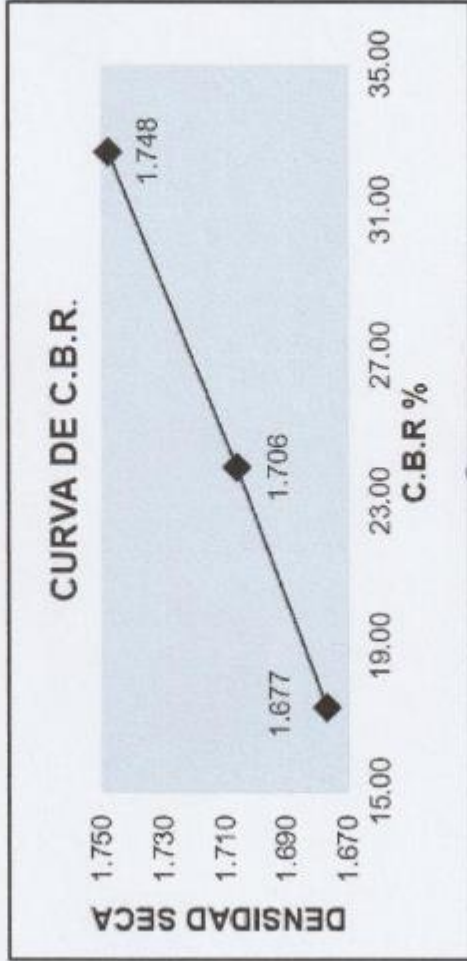
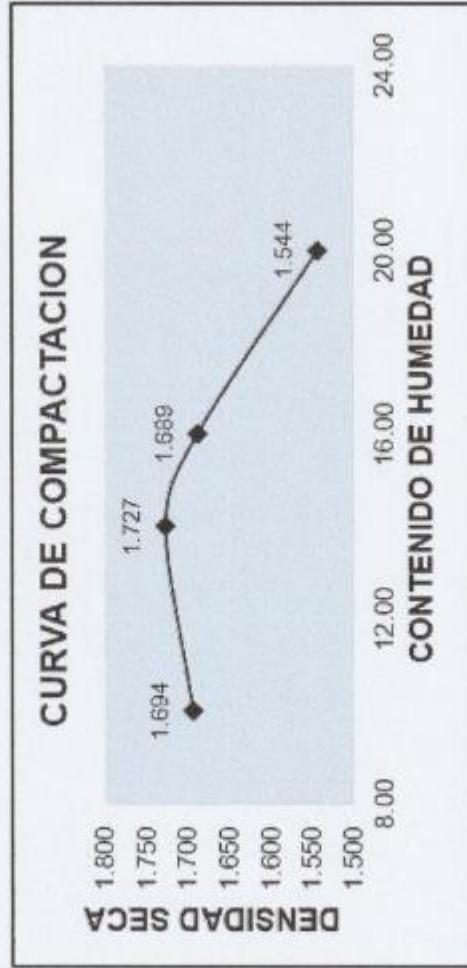
FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE ENERO DEL 2020

FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR NTP 339.145 / ASTM D1883

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 25%)



**Ing. Civil Mariano Peña Dueñas**  
 ASISTENTE TECNICO EN MECANICA DE SUELOS  
 ESPECIALISTA EN ZANAJAS DE SUELO  
 CONCRETO GEOTECNIA Y GELOGIA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: GP-004: 1999)



**KLAFFER S.A.C.**DIVISIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES  
GALLERÍA REAL, 4-483 (CALLE LA HUANCA) LIMA

INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

INSTRUMENTOS ESPECIALIZADOS

RUC 20487134911

EXPEDIENTE N° :049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
 NTP 339.145 / ASTM D1883

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 25%)

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

Máxima Densidad Seca	1.734 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo Contenido de Humedad	12.71%

**ENSAYO DE CBR**

Espécimen	Numero de golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %	Penetración (pug.)	% M.D.S.	CBR %
1.00	56.00	32.6	1.748	0.002	0.10	100.00	32.6
2.00	25.00	23.9	1.706	0.006	0.10	95.00	23.9
3.00	10.00	17.3	1.677	0.010			

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASISTENTE TÉCNICO DE INGENIERÍA ESPECIALIZADA EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



EXPEDIENTE N° : 049 – 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : “APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS”  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 35%)

**ENSAYO PROCTOR MÉTODO A**

VOLUMEN DEL MOLDE: 944.00

Peso suelo + molde	3317.50	3492.50	3528.50	3470.50
Peso del molde	1703.00	1703.00	1703.00	1703.00
Peso suelo húmedo compactado	1615.00	1790.00	1826.00	1768.00
Peso volumétrico húmedo	1.71	1.90	1.93	1.87
Recipiente N°	CAP-09	C-A	Z-4	CAP-28
Peso suelo húmedo + tara	49.31	48.95	59.31	51.60
Peso suelo seco + tara	41.31	36.95	43.31	31.60
Tara	27.24	28.45	30.74	23.24
Peso del agua	8.00	12.00	16.00	20.00
Peso suelo seco	14.07	10.50	12.57	8.36
Contenido de agua	8.00	12.00	16.00	20.00
Peso volumétrico seco	1.58	1.69	1.67	1.56

DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.698 GR/CM3  
 CONTENIDO DE AGUA: 13.10%



**KLAFER SAC.**  
 UNIDAD DE INGENIERÍA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASISTENTE TÉCNICO CP 1988 REG. COLOMBIA 104 C 1988  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: 02/004: 1995)

RPC: 957259680

**EXPEDIENTE N°** : 049 - 2020  
**ESTUDIO** : ENERO  
**ATENCIÓN** : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
**PROYECTO** : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
**FECHA DE RECEPCION** : 13 DE ENERO DEL 2020  
**FECHA DE EMISIÓN** : 31 DE ENERO DEL 2020

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 35%)

Máxima Densidad Seca	1.698 GR/CM3
Optimo Contenido de Humedad	13.10%

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A**


**KLAFFER S.A.C.**  
 DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS  
 Ing. Civil **Marino Peña Durán**  
 ABSEN TÉCNICO CP 7864 REG. CONSULTOR 198  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

RPC: 957259680

**EXPEDIENTE N°** : 049 - 2020  
**ESTUDIO** : ENERO  
**ATENCIÓN** : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
**PROYECTO** : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
**FECHA DE RECEPCION** : 13 DE ENERO DEL 2020  
**FECHA DE EMISIÓN** : 31 DE ENERO DEL 2020

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 35%)

ENSAYO PRELIMINAR PROCTOR MODIFICADO					
Contenido de agua	%	8.00	12.00	16.00	20.00
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>2</sup>	1.694	1.727	1.689	1.544

ETAPA DE COMPACTACIÓN			
IDENTIFICACION DEL MOLDE	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
NUMERO DE CAPAS	5.00	5.00	5.00
GOLPES POR CAPA	10.00	25.00	56.00

MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
Peso del molde + suelo húmedo	8470	7928	8690
Peso del molde	4586	3953	4608
Peso del suelo húmedo	3885	3975	4082
Volumen del molde	2106	2106	2106
Densidad húmeda	1.844	1.887	1.938
% de humedad	13.10	13.10	13.10
Densidad seca	1.63	1.67	1.71
Tara N°	CAP-31	CAP-30	A-L
Tara + suelo húmedo	54.18	60.93	48.89
Tara + suelo seco	50.49	56.78	45.73
Peso del agua	3.69	4.15	3.16
Peso de la tara	22.55	25.22	21.99
Peso del suelo seco	27.94	31.56	23.74
% de humedad	13.21	13.15	13.31

CBR AL 100% DE LA M.D.S.                   %                   33.34  
 CBR AL 95% DE LA M.D.S.                   %                   24.74  
 MDS   GR/CM3                   1.70  
 OCH   %CH                   13.10



**KLA FER S.A.C.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS  
 Ing. Civil **Marino Peña Dueñas**  
 ASISTENTE TECNICO DE AREA REG. CONSULTOR VIM  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUIA PERUVIANA INDECOP: GP-004: 1993)



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 35%)

ESPECIMEN I (10)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.429	96.44	32.15
0.998	224.35	74.78
1.826	410.48	136.83
2.421	544.24	181.41
2.918	655.97	218.66
3.443	773.99	258.00
4.108	923.48	307.83
5.503	1,237.07	412.36
6.795	1,527.52	509.17
7.994	1,797.05	599.02

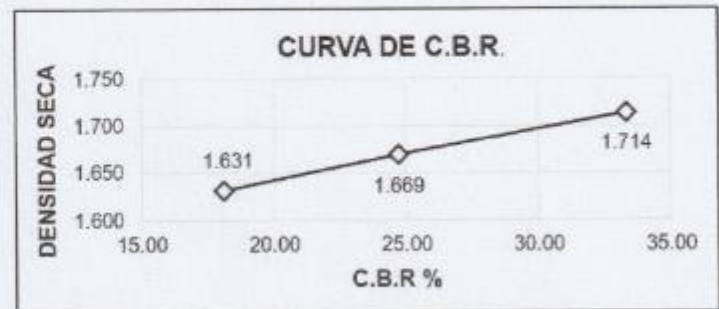
ESPECIMEN II (25)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.590	132.63	44.21
1.398	314.27	104.76
2.472	555.71	185.24
3.301	742.06	247.35
3.977	894.03	298.01
4.707	1,058.13	352.71
5.993	1,347.23	449.08
8.264	1,857.75	619.25
10.443	2,347.59	782.53
12.203	2,743.23	914.41

ESPECIMEN III (56)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.831	186.81	62.27
1.984	446.00	148.67
3.556	799.39	266.46
4.449	1,000.14	333.38
5.693	1,279.79	426.60
6.809	1,530.66	510.22
8.564	1,925.19	641.73
11.224	2,523.16	841.05
14.205	3,193.28	1,064.43
16.140	3,635.02	1,211.67

C.H.	DENS. SECA
8.00	1.584
12.00	1.693
16.00	1.667
20.00	1.560



N° GOLPES	% CBR	D.S.
10.00	18.10	1.631
25.00	24.70	1.669
56.00	33.30	1.714



MDS	1.70
95 % MDS	1.613
{10} MDS	

CBR AL 100% : 33.3  
 CBR AL 95% : 24.7



Ing. Civil Marco Peña Dueñas  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEODINÁMICA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la información suministrada.  
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI/IGP-004/1993)

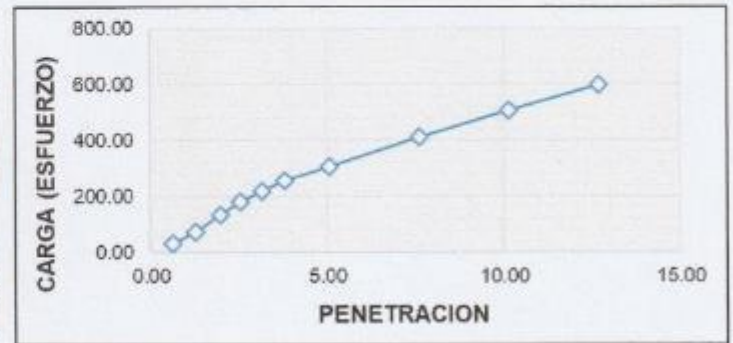


EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 35%)

### PENETRACION

	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
10 GOLPES	0.429	96.40	3.00	32.15	0.63
	0.998	224.40	3.00	74.79	1.27
	1.826	410.50	3.00	136.83	1.99
	2.471	544.20	3.00	181.41	2.54
	2.918	656.00	3.00	218.66	3.17
	3.443	774.00	3.00	258.00	3.81
	4.108	923.50	3.00	307.83	5.08
	5.503	1237.10	3.00	412.36	7.62
	6.795	1527.50	3.00	509.17	10.16
	7.994	1797.10	3.00	599.02	12.70



	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
25 GOLPES	0.590	132.60	3.00	44.21	0.63
	1.398	314.30	3.00	104.76	1.27
	2.472	555.70	3.00	185.24	1.99
	3.301	742.10	3.00	247.35	2.54
	3.977	894.00	3.00	298.01	3.17
	4.707	1058.10	3.00	352.71	3.81
	5.993	1347.20	3.00	449.08	5.08
	6.264	1857.70	3.00	619.25	7.62
	10.443	2347.60	3.00	782.53	10.16
	12.203	2743.20	3.00	914.41	12.70



	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P. EN PULG
56 GOLPES	0.831	186.80	3.00	62.27	0.63
	1.984	446.00	3.00	148.67	1.27
	3.556	799.40	3.00	266.46	1.99
	4.449	1000.10	3.00	333.38	2.54
	5.693	1279.80	3.00	426.60	3.17
	6.809	1530.70	3.00	510.22	3.81
	8.564	1925.20	3.00	641.73	5.08
	11.224	2523.20	3.00	841.05	7.62
	14.205	3193.30	3.00	1064.43	10.16
	16.170	3835.00	3.00	1211.67	12.70



KLAFER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ABON. TÉCNICO CP. N° 188. REG. CONS. U.C. 198  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

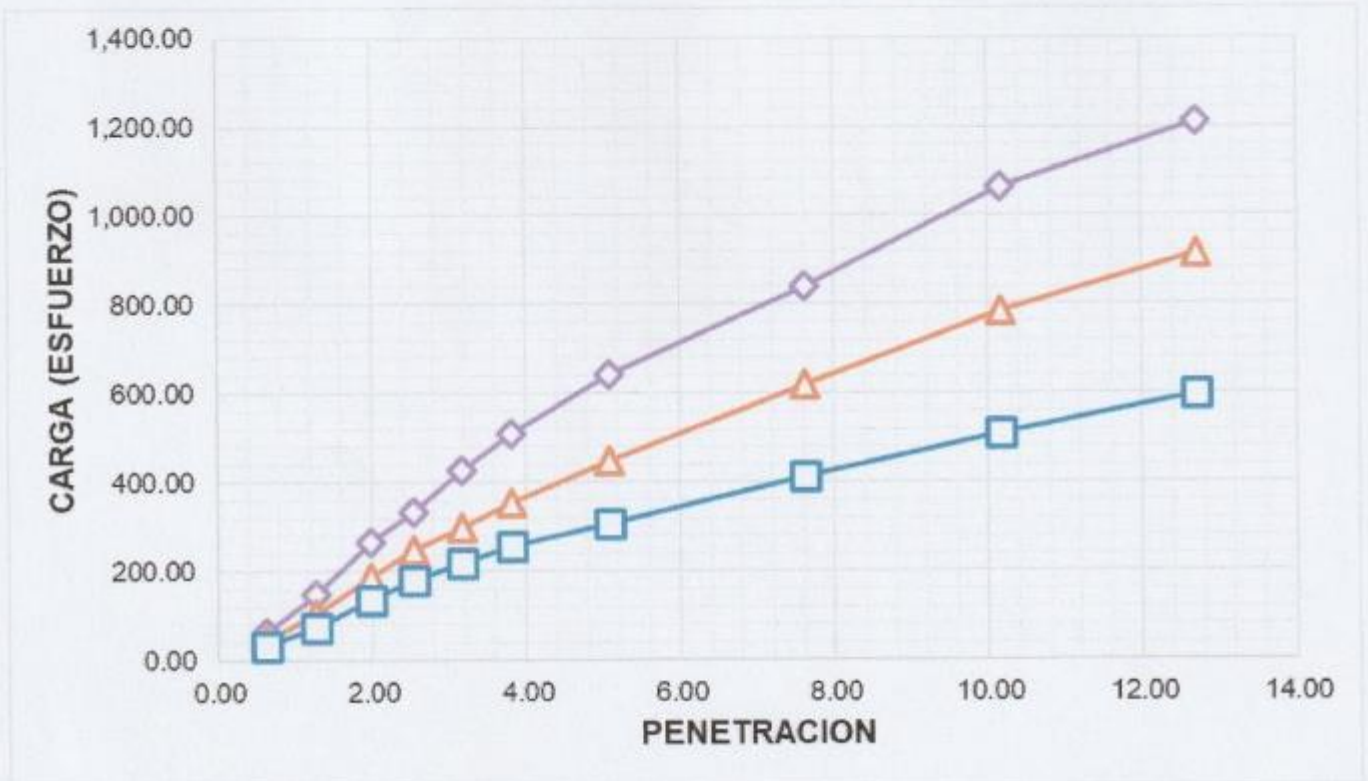
OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI GP-004/1999)



EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
ESTUDIO : ENERO  
ATENCIÓN : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 31 DE ENERO DEL 2020

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 35%)



OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1999)



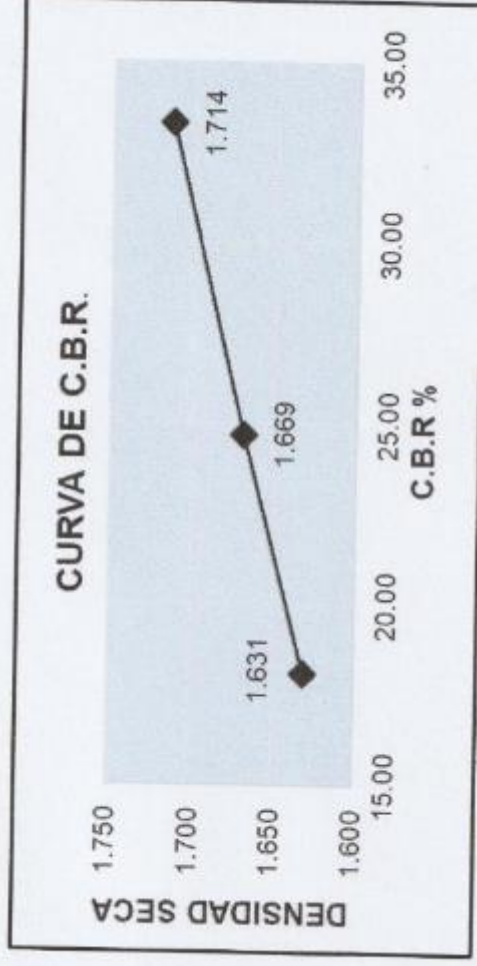
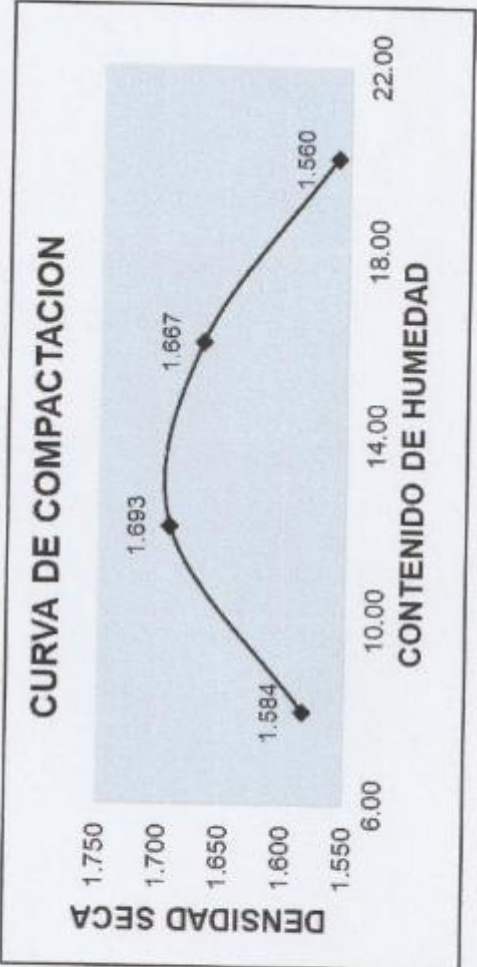
**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ARSEN TECNICO CP 1994 REG. CONSULTOR V18  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

EXPEDIENTE N° : 049 - 2020  
 ESTUDIO : ENERO  
 ATENCION : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
 PROYECTO : "APLICACION DE CENIZA ORGANICA EN LA ESTABILIZACION DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
 FECHA DE RECEPCION : 13 DE ENERO DEL 2020  
 FECHA DE EMISION : 31 DE ENERO DEL 2020

**DATOS DE LA MUESTRA**  
 ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR NTP 339.145 / ASTM D1883

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 35%)



**KLAFER SAC**  
 UNIDAD QUE TRABAJA EN MEJORAR LOS SUELOS  
 Ing. Civil Mario Peña Dueñas  
 ABREVIADO DE M. SEG. CONSULTA EN ESPECIALIDAD EN MEJORAMIENTO DE SUELOS Y CONCRETO GEOTECNICO Y CALICATA

**OBSERVACION** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.  
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO. SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI (IP-004: 1998)



**EXPEDIENTE N°** : 049 - 2020  
**ESTUDIO** : ENERO  
**ATENCIÓN** : JEAN PIERR GALARZA ALVAREZ  
**PROYECTO** : "APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"  
**FECHA DE RECEPCION** : 13 DE ENERO DEL 2020  
**FECHA DE EMISIÓN** : 31 DE ENERO DEL 2020

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR**  
**NTP 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-2, PROG. 0+500 (CON CENIZA AL 35%)

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

Máxima Densidad Seca	1.898 g/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	13.10%

**ENSAYO DE CBR**

Espécimen	Numero de golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %	Penetración (pug.)	% M.D.S.	CBR %
1.00	56.00	33.3	1.714	0.002	0.10	100.00	33.3
2.00	25.00	24.7	1.669	0.006	0.10	95.00	24.7
3.00	10.00	18.1	1.631	0.010			

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1999)



**KLAFER SAC.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Marino Peña Duchas**  
 ASOCIADO TECNICO, O.P.N. REG. C.O.B.A.T. Nº 1398  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

RPC: 957259680

## **ESTUDIO QUÍMICO DE CENIZA ORGÁNICA**

# ASESORÍA Y CONSULTORÍA "ANDY"

ING. ROJAS QUINTO ANDRES CORCINO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N° 21526, Ms. C. Ingeniería Química Ambiental.  
Ms. C. en Didáctica Universitaria, Doctor en Ingeniería Química y Ambiental, Dr. en Educación  
Monitoreo Ambiental en agua, Suelos y Residuos Sólidos, Asesoría y Consultoría en Procesos Metalúrgicos,  
Análisis de Agua y Minerales. Asesoría de Tesis de Pre Grado, Maestrías y Doctorados.

## INFORME DE ANALISIS DE CENIZAS

Solicitante	: Jean Pierr Galarza Alvarez.
Proyecto	: Aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de subrasantes arcillosas
Ubicación	: Barrio miraflores, distrito de Cochabamba, Provincia de Huancayo, región Junín
Muestra	: M-01 cenizas
Fecha de muestreo	: 08 de enero de 2019.
Analizado por	: Dr. Andrés Corcino Rojas Quinto
Recolector de la muestra	: El solicitante

### RESULTADOS

Nombre del compuesto	Fórmula química	Resultados %
Oxido de silicio (silice)	SiO <sub>2</sub>	26,3
Oxido de aluminio (alúmina)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,0
Oxido de hierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,6
Oxido de calcio (cal)	CaO	29,5
Oxido de potasio (potasa)	K <sub>2</sub> O	4,9
Oxido de sodio (sosa)	NaO	2,4
Oxido de magnesio	MgO	4,5
Oxido de fosforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,8
Oxido de azufre	SO <sub>3</sub>	0,8
Otros		7,2
Total		100,0 %

Huancayo, 13 de enero del 2019

  
Dr. Andrés Corcino Rojas Quinto  
JEFE GENERAL DE LABORATORIOS - UNCF

## **FICHA DE IMPACTO AMBIENTAL**



## SITUACIÓN DE PRODUCCION DE CENIZA Y EMISION DE HUMO POR LA QUEMA DE VEGETALES EN LOS HORNOS DE LADRILLOS, DEL BARRIO DE MIRAFLORES, DISTRITO DE COCHAS, PROVINCIA DE HUANCAYO.

### 1.00.- Generalidades:

El propósito de este ítem es la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales más importantes que se generarían por la **ejecución de la quema de los vegetales como ramas de los eucaliptos en los hornos de ladrillos de la zona**. Se consideran los impactos sobre el medio y viceversa, tanto en el sentido negativo como positivo.

Así mismo, se describen los impactos de acuerdo al período y duración en que ocurrirían, considerando las etapas de la fabricación y quema de los ladrillos en los hornos.

La identificación, descripción y evaluación se realiza en base a la Matriz de Impactos Ambientales, estableciendo las relaciones de **causa - efecto** entre los componentes del Medio Ambiente y del Proyecto; así como el grado de incidencia.

### 1.01.- Metodología

La metodología empleada en la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales; se basa en la interrelación procesal de la matriz de Leopold **causa - efecto** entre los componentes del proyecto y los componentes del medio ambiente. Esta interrelación se efectúa mediante la aplicación de tres procedimientos: diagnóstico físico, biológico, social, económico.

La evaluación de los impactos se realiza mediante la aplicación de la Matriz de Interrelación; que considera criterios de evaluación y ponderación para el dimensionamiento del impacto.

La descripción de los impactos se realiza ordenando sistemáticamente en función de su origen en el proyecto y la afectación en el medio ambiente; utilizando el relacionamiento de campo y la Matriz de interrelación, antes mencionada.

### 1.02.- Criterios de Evaluación de Impactos

En esta sección se indican los criterios que se toman en la evaluación de los impactos positivos y negativos, que ocurrirán en las diferentes etapas

**TESIS:**

***"Aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de subrasantes arcillosas"***

de la quema de ladrillos, afectando directamente o indirectamente el medio ambiente como la vegetación, fauna, suelo, agua, aire, cultural y humano.

#### **Criterios para la evaluación:**

- **Tipo del Impacto (TI):** La naturaleza del impacto está referida al beneficio de ocurrencia del impacto. Un Impacto **Negativo** es aquel cuyo efecto se traduce en pérdida de la calidad ambiental y **Positivo** es aquel admitido como tal sin producir un efecto ambiental.
- **Magnitud del Impacto (M):** Se refiere al grado de afectación que presenta el impacto sobre el medio. Se califica en forma cualitativa como **baja, moderada y alta**.
- **Duración del Impacto (D):** Determina la persistencia del impacto en el tiempo, calificándose como Temporal, si es menor de un mes; **Moderada**, si supera el año y **Permanente**, si su duración es de varios años. Asimismo, la duración puede calificarse como Estacional, si está determinada por factores climáticos.
- **Mitigabilidad del Impacto (MI):** Determina si los impactos ambientales negativos son mitigables en cuanto a uno o varios de los criterios utilizados para su evaluación, y se les califica como no mitigable, de mitigabilidad **Baja, Moderadamente** mitigable y de **Alta** mitigabilidad.
- **Significancia del Impacto (S):** Incluye un análisis global del impacto, teniendo en cuenta sobre todo los criterios anteriores y determina el grado de importancia de estos sobre el ambiente receptor, su calificación cualitativa, se presenta como **baja, moderada y alta**.

#### **1.03.- Ponderación de los Impactos**

En la evaluación se han adoptado criterios de ponderación arbitrarios, basados en la apreciación y experiencia profesional; aplicando un valor numérico en función del grado de afectación previsible, concordante con los cambios que se producirán en las diferentes etapas de la quema de ladrillos.

Se presenta un resumen de los procedimientos para la evaluación de los impactos ambientales positivos y negativos, en función de los criterios y ponderación; este procedimiento se aplica en la Matriz de Evaluación **de causa - efecto**.

Luego de haber examinado cada impacto de acuerdo a los criterios seleccionados, se procede a determinar **la significancia** de los mismos,

**TESIS:**

***"Aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de subrasantes arcillosas"***

que viene a ser la importancia de los impactos sobre el ambiente receptor. Su valor, que según la escala cualitativa puede ser Alta, Media o Baja, depende de los valores asignados a los criterios anteriores, según la ecuación siguiente:

$$(S) = TI (M + D + MI)$$

#### Cuadro de ponderación para la Evaluación de Impactos Ambientales

Criterios de Evaluación	Símbolo	Escala Jerárquica Cualitativa	Ponderación de Impactos	
			Negativos	Positivos
Tipo de impacto	TI	Positivo		+
		Negativo	-	
Magnitud	M	Baja (B)	1	1
		Moderada (M)	2	2
		Alta (A)	3	3
Duración	D	Temporal (T)	1	1
		Moderada (M)	2	2
		Permanente (P)	3	3
Mitigabilidad *	MI	Baja (B)	3	
		Moderada (M)	2	
		Alta (A)	1	
		No mitigable	4	
Significancia**	S	Baja (B)	3 - 4	2 - 3
		Moderada (M)	5 - 7	4
		Alta (A)	8 - 9	5 - 6

(\*) Criterio aplicable sólo a los impactos negativos

(\*\*) Su valor es la resultante de la valoración de los demás criterios que intervienen en la evaluación

#### **1.04.- Identificación de los Impactos Ambientales**

Para la identificación de los impactos que se generarán por los componentes de los procesos y actividades durante la construcción, funcionamiento de los hornos para la quema de ladrillos pueden generar efectos positivos o negativos hacia los medios como se detalla :

##### **Medio Físico:**

Aire: Incremento del transporte de partículas en el aire.

Emisión de ruidos, polvos, gases y olores productos de las actividades individuales o en conjunto.

Suelo: Compactación e Incremento de la erosión.

**TESIS:**

***"Aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de subrasantes arcillosas"***

Generación de escombros en zonas de trabajo

Contaminación de suelos por residuos de obras.

Compactación y Erosión, alteración de la estructura del suelo.

### **Medio Biológico:**

Flora y Fauna:

Afectación temporal de áreas verdes y terrenos de cultivo adyacentes al proyecto.

### **Medio socioeconómico:**

Generación de empleo temporal en la zona de la obra.

Molestias a los vecinos por ruidos, olores y polvos.

Riesgos de accidentes

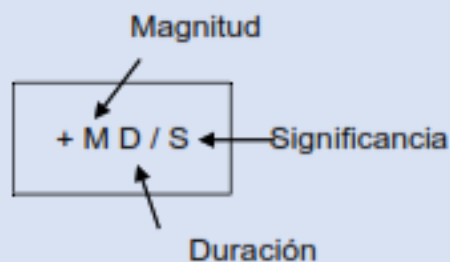
Incremento del comercio

### **1.05.- Evaluación de los Impactos Ambientales Potenciales**

Para evaluar los impactos ambientales se elaborarán **Matrices de Evaluación Causa - Efecto**, utilizando los criterios para evaluar la magnitud de los impactos ambientales que se han identificado anteriormente. Según estos criterios, se le asignará un valor numérico a la magnitud del impacto.

Si se aplicase adecuadamente las medidas de gestión ambiental, el impacto negativo se reduciría y se potenciarían los impactos positivos, lo que equivale a decir que se mejoraría el nivel de vida de la población .

La interpretación de cada celda de la matriz de evaluación de impactos ambientales tiene el siguiente significado para los **impactos positivos**:

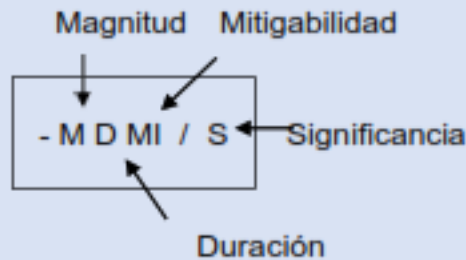


La interpretación de cada celda de la matriz de evaluación de impactos ambientales tiene el siguiente significado para los **impactos negativos**:

**TESIS:**

***"Aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de subrasantes arcillosas"***





**1.06.- Matriz de Evaluación de los Impactos Ambientales en la ejecución de la quema de los vegetales como ramas de los eucaliptos en los hornos de ladrillos de la zona**

Identificados los impactos ambientales y según la metodología planteada procedemos a evaluarlos según los criterios de tipo de impacto (positivo o negativo), magnitud, duración, mitigabilidad y significancia.

Se ha considerado los procesos y actividades durante la construcción, funcionamiento de los hornos para la quema de ladrillos que pueden generar efectos positivos o negativos hacia los medios :

Criterios de Evaluación	Símbolo	Escala Jerárquica Cualitativa	Ponderación de Impactos	
			Negativos	Positivos
Tipo de impacto	TI	Positivo		+
		Negativo	-	
Magnitud	M	Baja (B)		
		<b>Moderada (M)</b>	2	2
		Alta (A)		
Duración	D	<b>Temporal (T)</b>	1	
		Moderada (M)		2
		Permanente (P)		
Mitigabilidad *	MI	<b>Baja (B)</b>	3	
		Moderada (M)		
		Alta (A)		
		No mitigable		
Significancia**	S	Baja (B)		
		<b>Moderada (M)</b>	6	4
		Alta (A)		

(\*) Criterio aplicable sólo a los impactos negativos

(\*\*) Su valor es la resultante de la valoración de los demás criterios que intervienen en la evaluación

**TESIS:**

***\*Aplicación de ceniza orgánica en la estabilización de subrasantes arcillosas\****

## 11. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DE LOS

### IMPACTOS 11.1.- Conclusiones:

- ❖ De los resultados que arrojan la Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales, durante la construcción, funcionamiento de los hornos para la quema de ladrillos, se concluye que existen impactos predominantemente negativos, de escala jerárquica cualitativa de **moderado, temporal a baja**
- ❖ Los impactos negativos que se presentan en los procesos y actividades durante la quema de ladrillos, se dan sobre el medio físico (agua, aire, suelo), biológico y socioeconómico, detectándose una escala jerárquica cualitativa de:
  - Magnitud **moderada** y ponderación de 2
  - Duración **temporal** y ponderación de 1
  - Mitigabilidad **Baja** y ponderación de 3
- ❖ De igual manera la valoración resultante de la evaluación arroja una **significancia de moderada y con una ponderación de 6.**
- ❖ Dentro de los impactos ambientales positivos se encuentra los relacionados con el nivel de empleo y el ingreso a la economía local, los cuales tiene una **significancia de moderada y con una ponderación de 4.**

## **JUICIO DE EXPERTO**

# FICHA DE VALIDACIÓN DE LA TESIS

## JUCIO DE EXPERTO

TESIS:

**"APLICACIÓN DE CENIZA ORGÁNICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES ARCILLOSAS"**

INVESTIGADOR: Bach. GALARZA ALVAREZ, Jean Pierr.

**Indicación:** Señor especialista se le pide su colaboración para que luego de un riguroso análisis de los ítems del cuestionario, evalúe cada ítem de acuerdo a su criterio y experiencia profesional.

**ASPECTOS DE VALIDACION: Estudio de Mecánica de suelos.**

Indicadores	Criterios	Excelente 10 – 8	Bueno 7 – 5	Regular 4 – 3	Malo 2 – 0
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje adecuado.				
2. Objetividad	Esta expresado en los objetivos de la investigación.				
3. Actualidad	Adecuado al avance de la tecnología.				
4. Organización	Existe una organización lógica.				
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				
6. Intencionalidad	Adecuado para aclarar los instrumentos de la investigación.				
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos.				
8. Coherencia	Entre tesis e instrumento para la investigación.				
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación.				

**PROMEDIO TOTAL**

Validado por:			
Dirección Domiciliaria		N° de DNI	
Grado Académico		Teléfono/ Celular	
Observaciones:			

Firma y Sello del experto

## **PANEL FOTOGRAFICO**

**IMAGEN N°01**



*VISTA FOTOGRÁFICA  
DE LA ESTACION  
TOTAL LEICA  
PREPARANDO LAS  
COORDINACIONES  
PARA EL  
LEVANTAMIENTO  
TOPOGRAFICO.*

**IMAGEN N°02**



*VISTA FOTOGRAFICA DE EXCAVACION  
DE CALICATA PARA ELABORACION DEL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS*

**IMAGEN N°03**



*VISTA FOTOGRAFICA  
DEL ENAYO  
REALIZADO DEL  
PROCEDIMIENTO DEL  
C.B.R A LA MUESTRA  
INALTERADA Y  
ALTERADA CON  
CENIZA ORGÁNICA.*

**IMAGEN N°04**



*VISTA FOTOGRAFICA DE LOS EQUIPOS  
PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE LIMITES  
DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA DE  
SUELO A EVALUAR.*

**IMAGEN N°05**



*VISTA FOTOGRAFICA DE LA QUEMA Y OBTENCIÓN DE CENIZA ORGANICA PARA EMPLEARLO COMO ESTABILIZADOR DE LA MUJESTRA DE SUELO INESTABLE*

**IMAGEN N°06**



*VISTA FOTOGRAFICA PREVIA A LA EJECUCION DEL ENSAYO DE GRANULOMETRIA A LA MUESTRA DE SUELO INALTERADA.*