



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO  
UTILIZANDO CAL, CENIZA DE ASERRÍN Y  
POLVO DE LADRILLO PARA LA ESTABILIZACIÓN  
DE SUELOS EXPANSIVOS.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Autores**

**Bach. Guerrero Tineo Flavio Alonso**

<https://orcid.org/0000-0001-5906-2263>

**Bach. Velez Mendoza Diego Antonio**

<https://orcid.org/0000-0002-3057-4684>

**Asesor:**

**Mg. Ing. Oblitas Gástelo Boris Enrique**

<https://orcid.org/0000-0001-6791-4016>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y  
la Industria en un contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Innovación y tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e  
Infraestructura.**

**Pimentel – Perú**

**2024**





### DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la DECLARACIÓN JURADA, soy(somos) egresado (s) del Programa de Estudios de **ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

#### **ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO UTILIZANDO CAL, CENIZA DE ASERRÍN Y POLVO DE LADRILLO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Guerrero Tineo Flavio Alonso	DNI: 72312993	
Velez Mendoza Diego Antonio	DNI: 74808982	

Pimentel, 23 de diciembre de 2023.

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS RECORTADA.docx**

AUTOR

**GUERRERO TINEO FLAVIO ALONSO & V  
ELEZ MENDOZA DIEGO ANTONIO**

RECUENTO DE PALABRAS

**8186 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**40088 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**41 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.7MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 6, 2024 7:20 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Nov 6, 2024 7:21 PM GMT-5****● 15% de similitud general**

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

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

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

**ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO UTILIZANDO CAL, CENIZA DE  
ASERRÍN Y POLVO DE LADRILLO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS  
EXPANSIVOS.**

**Aprobación del jurado**

---

Dr. Coronado Zuloeta Omar  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

Dr. Salinas Vásquez Néstor Raúl  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

Mg. Idrogo Pérez Cesar Antonio  
**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatoria**

*Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, ya que gracias a él he podido llegar a este punto de mi vida, a mi madre por nunca dejar que me rinda, por creer siempre en mí, ser mi pilar y siempre brindarme su apoyo incondicional durante toda mi formación profesional para hacer de mí una mejor persona, a mis hermanos por brindarme su compañía a lo largo de esta travesía y a una persona en especial que siempre estuvo conmigo, apoyándome en los buenos y malos momentos que conlleva llegar hasta aquí.*

**Flavio Alonso Guerrero Tineo**

*Dedicado a Dios, a mis padres Wilfredo y Luz por su apoyo incondicional y por haberme forjado como persona, a mis hermanos en vida por su motivación y compañía y a mi hermana Cintia que desde el cielo me impulso durante toda mi formación como profesional.*

**Diego Antonio Velez Mendoza**

## **Agradecimientos**

*A dios por protegerme siempre, guiarme y darme la sabiduría para seguir adelante, a mis padres por estar siempre conmigo, a mis hermanos por ser mis compañeros de vida.*

*A los docentes por brindar sus conocimientos en las diferentes especialidades, a los compañeros que hice a lo largo de la carrera profesional, en especial a mi compañero de tesis por todo su apoyo.*

### **Flavio Alonso Guerrero Tineo**

*A Dios por la vida y por guiarme, a mis padres y a mis hermanos por la confianza y el apoyo, a los docentes que me han formado como profesional a lo largo de toda la carrera universitaria, a mi compañero de tesis por su apoyo y a una persona especial que me sostuvo en cada momento difícil y me dio la motivación necesaria para siempre seguir adelante.*

### **Diego Antonio Velez Mendoza**

## **INDICE**

RESUMEN	11
I. INTRODUCCION	13
II. MATERIAL Y METODO	22
III. RESULTADOS	35
IV. DISCUSION	50
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS	54

## Índice de figuras

<b>Fig. 1.</b> Suelo expansivo .....	22
<b>Fig. 2.</b> Polvo de ladrillo .....	23
<b>Fig. 3.</b> Quemado de aserrín.....	24
<b>Fig. 4.</b> Ceniza de Aserrín.....	24
<b>Fig. 5.</b> Cal.....	25
<b>Fig. 6.</b> Probetas de suelo + C.A.....	29
<b>Fig. 7</b> Diagrama de flujo .....	33
<b>Fig. 8.</b> Resistencia del suelo con la adición de cal.....	35
<b>Fig. 9.</b> Probetas de suelo con adición de cal .....	35
<b>Fig. 10.</b> Curva granulométrica del suelo natural.....	36
<b>Fig. 11.</b> Expansión de suelo natural.....	37
<b>Fig. 12.</b> Densidad Máxima Seca de cada muestra.....	38
<b>Fig. 13.</b> Contenido de humedad optima de cada muestra.....	39
<b>Fig. 14..</b> Relacion entre la MDS y el CHO.....	39
<b>Fig. 15.</b> CBR al 95% al 0.1" y 0.2" por cada muestra .....	40
<b>Fig. 16.</b> Potencial de expansión de las muestras de suelo .....	41
<b>Fig. 17.</b> Factores de distribución direccional y de carriles para determinar el tráfico en el carril de diseño. ....	43
<b>Fig. 18.</b> Factores de crecimiento acumulativo (Fca) .....	44
<b>Fig. 19.</b> Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes.....	45
<b>Fig. 20.</b> Valores recomendados de nivel de confiabilidad (R) y desviación estándar (Zr) .....	46
<b>Fig. 21.</b> Índice de capacidad de servicio inicial (Pi) según rango de tráfico.....	46
<b>Fig. 22.</b> Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR.....	47
<b>Fig. 23.</b> Espesores finales para el diseño de pavimento .....	49



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> PROPIEDADES FÍSICAS DEL PL.....	23
<b>Tabla II.</b> PROPIEDADES FÍSICAS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CA .....	24
<b>Tabla III.</b> PROPIEDADES FÍSICAS DE CL.....	25
<b>Tabla IV.</b> DATOS OBTENIDOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE SUELO + CENIZA DE ASERRIN.....	28
<b>Tabla V.</b> DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	30
<b>Tabla VI.</b> VARIABLE DEPENDIENTE .....	31
<b>Tabla VII.</b> VARIABLE INDEPENDIENTE .....	31
<b>Tabla VIII.</b> MUESTRAS PARA ENSAYOS DE LABORATORIO .....	32
<b>Tabla IX.</b> DATOS OBTENIDOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE SUELO + CL.....	35
<b>Tabla X.</b> PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO NATURAL .....	37
<b>Tabla XI.</b> DATOS GENERALES PARA DISEÑO DE PAVIMENTO .....	42
<b>Tabla XII.</b> Datos obtenidos de la distribución direccional y de carriles. ....	43
<b>Tabla XIII.</b> Datos para obtener el EE .....	43
<b>Tabla XIV.</b> CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES .....	44
<b>Tabla XV.</b> Resultados Obtenidos.....	47
<b>Tabla XVI.</b> COMPONENTES DE COEFICIENTES Y ESPESORES POR CAPAS ....	48
<b>Tabla XVII.</b> DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA ECUACIÓN DE DISEÑO.....	48
<b>Tabla XIX</b> Análisis de precios unitario de dosificación óptima.....	66

## **INDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1. ACTA DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>59</b>
<b>Anexo 2. ACTA DE APROBACION DEL ASESOR .....</b>	<b>60</b>
<b>Anexo 3. SOLICITUD DE ENVIO DE ARTICULO A REVISTA .....</b>	<b>61</b>
<b>Anexo 4. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo 5. MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....</b>	<b>64</b>
<b>Anexo 6. FICHA TECNICA DE CAL .....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo 7. ANALISIS DE COSTOS DE MUESTRA OPTIMA .....</b>	<b>66</b>
<b>Anexo 8. PANEL FOTOGRAFICO.....</b>	<b>67</b>
<b>Anexo 9. INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS.....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo 10. ACREDITACION INACAL DE LABORATORIO .....</b>	<b>75</b>
<b>Anexo 11. INFORMES DE ENSAYOS DE LABORATORIO .....</b>	<b>76</b>
<b>Anexo 12. CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE EQUIPOS.....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo 13. FICHAS DE VALIDACION DE EXPERTOS.....</b>	<b>146</b>
<b>Anexo 14. INFORME ESTADISTICO.....</b>	<b>156</b>

## RESUMEN

Los suelos expansivos presentan muchas dificultades para trabajos de ingeniería, debido a sus cambios de volumen ocasionados por la presencia de agua, y a su baja capacidad portante. La cal, la ceniza de aserrín de viruta de cedro y el polvo de ladrillo presentan propiedades que llegan a ser una buena alternativa en la estabilización de este tipo de suelos. Esta investigación, tiene como objetivo evaluar de qué manera influye la combinación de cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos, para ello se elaboraron ensayos de laboratorio como el Proctor modificado y CBR a muestras de suelo expansivo natural, el cual fue extraído de la región Lambayeque. Se le adiciono 6% de cal, 8%, 10% y 12% de ceniza de aserrín y 10%, 15% y 20% de polvo de ladrillo. Los resultados indicaron que la adición del 6% de cal, 10% de ceniza de aserrín y 15% de polvo de ladrillo, provocaron un aumento en el valor de CBR del 327%, pasando de 1.93% a 6.33%, permitiendo que la subrasante pase de insuficiente a regular, según la clasificación del MTC Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, haciéndolo apto para el diseño del pavimento flexible. Los espesores mínimos para un pavimento flexible diseñado con la óptima dosificación, fueron de 11, 30 y 27 cm para la carpeta asfáltica, base y subbase respectivamente. Concluyendo que la adición de las variables de estudio mejoró notablemente las propiedades del suelo.

Palabras clave: suelo expansivo, cal, ceniza de aserrín, polvo de ladrillo, CBR

## **ABSTRACT**

Expansive soils present many difficulties for engineering works, due to their volume changes caused by the presence of water, and their low load-bearing capacity. Lime, cedar shaving sawdust ash and brick dust have properties that become a good alternative in the stabilization of this type of soil. This research aims to evaluate how the combination of lime, sawdust ash and brick dust influences the stabilization of expansive soils. For this purpose, laboratory tests such as modified Proctor and CBR were carried out on samples of natural expansive soil, which was extracted from the Lambayeque region. 6% lime, 8%, 10% and 12% sawdust ash and 10%, 15% and 20% brick dust were added. The results indicated that the addition of 6% lime, 10% sawdust ash and 15% brick dust, caused an increase in the CBR value of 327%, going from 1.93% to 6.33%, allowing the subgrade to go from insufficient to regular, according to the classification of the MTC Manual of Soils, Geology, Geotechnics and Pavements, making it suitable for the design of the flexible pavement. The minimum thicknesses for a flexible pavement designed with the optimal dosage were 11, 30 and 27 cm for the asphalt layer, base and subbase respectively. Concluding that the addition of the study variables significantly improved the properties of the soil.

Keywords: expansive soil, lime, sawdust ash, brick dust, CBR

## I. INTRODUCCION

El suelo expansivo es uno de los suelos más inestables por su alto potencial destructivo, es imprescindible poder identificar con precisión este tipo de suelos en una primera fase anterior a la ejecución del proyecto [1]. Este tipo de suelo trae consigo varios problemas debido a su alta variación de humedad, en el mundo, muchas de las estructuras que han sido construidas sobre suelos expansivos llegan a presentar deficiencias, es por ello que es recomendable incrementar las cualidades del suelo con el fin de que pueda soportar mayor carga. Se han usado diversos materiales, pero algunos tienen un costo muy elevado o no se llega a respetar el medio ambiente. [2]

La contracción y el hinchamiento hace que el suelo en su estado natural no sea óptimo para ejecuciones directas de ingeniería, no obstante, se busca mejorar la calidad con el fin de que su usabilidad aumente [3], ya que, problemas con este tipo de suelo se encuentran en todo el mundo debido a la abundante presencia del mismo [4]. Los movimientos en la tierra debido a la expansión severa, tienden a presentarse de manera irregular, excediendo su deformación elástica, lo cual provoca daños significativos en edificios y pavimentos, causando grandes pérdidas económicas. [5]

La fuerza cohesiva varía cuando el nivel del agua aumenta, así mismo la fluidez de sus partículas se incrementan, estos suelos que se pueden considerar altamente plásticos llegan a tener un CBR por debajo del 6%, por lo que se busca estabilizar esta capa [6]. El decrecimiento de la firmeza del suelo y la rebaja de volumen llega a causar un impacto negativo en las edificaciones, incluso, puede llegar a superar los daños que puede dejar inundaciones, huracanes y terremotos. [7]

Los suelos finos tienen un comportamiento el cual está relacionado primordialmente con las fluctuaciones de humedad, la interacción del agua con las partículas de arcillas son los responsables del hinchamiento [8]. Los suelos expansivos, con el transcurso del tiempo han sido mejorados de diferentes maneras, por ejemplo,

siendo reemplazados con suelos de grano más estables, no obstante, este método conlleva una gran explotación de los cauces de ríos o canteras, produciendo de esta manera que la ecología se vea afectada [9].

En China, alrededor de la tercera parte de la superficie del país está cubierto por suelo expansivo. Debido a la falta de relleno adecuados, los suelos de expansión moderada o baja se utilizan comúnmente como terraplenes en la construcción de cimientos, calzadas, presas y canales. Sin embargo, con el incremento del agua en el suelo hinchado, aparecen esfuerzos de expansión y deformación por tracción, y generalmente ocurren esfuerzos de contracción y agrietamiento cuando disminuye el contenido de agua [10].

En Pakistán, también podemos encontrar la presencia de terrenos expansivos, en áreas muy grandes. La tasa de expansión que presentan estos suelos depende de la humedad natural, la densidad seca inicial, el tamaño del grano y la presencia de minerales. Por ende, este suelo es considerado complejo y difícil de analizar debido a su estado inestable [11].

Es preciso buscar y encontrar un método más económico y de asequible acceso para llegar a estabilizar el suelo, con el tiempo, han surgido nuevas tendencias como lo es, el uso de materiales como lo son los diversos tipos de fibras, las cenizas volantes y polvo de ladrillo, estos desechos suelen ser muy perjudiciales para el medio ambiente, por lo que usar los como estabilizante del suelo nos permitirá, de cierto modo, contribuir a la baja de contaminación [12].

La provincia de Junín presenta carreteras que no se encuentran pavimentadas, las cuales a su vez se ubican en una gran extensión de terreno expansivo. Este tipo de suelo es uno de los grandes obstáculos que se puede encontrar durante la construcción en la provincia, debido a su inestabilidad, es por ello que se busca estabilizar el suelo de diferentes maneras para brindar un comportamiento aceptable en servicio. [13]. El

Perú cuenta con una gran extensión territorial en la cual podemos encontrar suelo expansivo, estos llegan a presentar un cambio volumétrico debido al exceso de agua, por lo que es importante estudiar estos suelos para que posteriormente puedan ser utilizados como base para obras viales, pavimentación, construcción, etc. [14].

Actualmente una de las industrias con un gran impacto ambiental negativo, es la construcción, esto debido a la diversa producción de materiales, demolición, transporte, pero principalmente por el cemento. Este producto también es utilizado en los procesos de estabilización de suelos, pero su uso aumenta la contaminación del medio ambiente, provocando un 7% de emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial, por lo que es primordial investigar nuevos materiales que lleguen a brindar las mismas propiedades de este material, pero sin producir niveles elevados de contaminación [15].

El aserrín es un residuo que se obtiene de la madera, su producción ha tenido un gran crecimiento durante la última década, los aserraderos de México llegan a producir 450 kg diarios, ante esto aparece la necesidad de usarlo como material estabilizante y así aprovechar su producción [16]. Los residuos como el polvo, el aserrín o la viruta, los cuales obtenemos gracias a la manipulación de la madera, llega a afectar al medio ambiente, incluso pueden llegar a representar una amenaza tanto la flora como a la fauna cercana [17]. Los aserraderos en Oberá – Argentina producen un vasto volumen de residuos, los cuales son colocados en cielo abierto y esparcidos en terreno natural [18].

Actualmente el ladrillo es uno de los elementos más empleados en las edificaciones en el Perú, por lo que está asociado a un continuo aumento de la producción y al surgimiento de fábricas informales que funcionan principalmente con tecnología deficiente y una quema inadecuada de carbón y madera, generando así emisiones de CO<sub>2</sub>, CO y otros gases que contaminan el medio ambiente [19]. La cantidad de desecho de ladrillo que son generados en la construcción o demolición de edificios, ha aumentado significativamente en los últimos años, alcanzando más de 100

toneladas en la región Lima en 2014. Estos residuos no se reciclan ni llegan a tener algún tratamiento, es por ellos que son desechados en vertederos clandestinos provocando daños a los residentes de las zonas cercanas [20].

Esta investigación surge ante la problemática de la carencia de suelos aptos para la ejecución de obras de ingeniería en la región Lambayeque. Debido a ello es necesario que estos suelos reciban un tratamiento que permita mejorar las propiedades mecánicas del mismo, este proceso de estabilización se da, en su mayoría, con agentes químicos o materiales que afectan negativamente al medio ambiente o que representan un gasto económico elevado, por lo que se propone el uso de cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo como estabilizador. Existen estudios integrando la práctica numérica al suelo añadiendo las variables de estudio, sin embargo, no existen estudios que trabajen estos tres en conjunto, por lo que es importante incorporar el modelo numérico para otorgar una representación de la aplicación de estos agregados a un diseño de pavimento.

Se plantea como formulación del problema ¿De qué manera contribuye la cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de los suelos expansivos? Y como hipótesis, Si se utiliza cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo, contribuye a la estabilización de suelos expansivos. A nivel social, esta investigación brindará a la población nuevas alternativas para estabilizar los suelos y poder realizar la construcción de estructuras que sean seguras, además generará una nueva cadena de producción con materiales que actualmente son considerados desechos. A nivel teórico, mediante la revisión de trabajos de investigación, se estudiará la influencia de la adición de cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo a los suelos expansivos. A nivel técnico, se buscará el porcentaje de incorporación de cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo, que mejore las propiedades mecánicas en mayor medida. A nivel ambiental, se busca un nuevo uso para los residuos de la madera y el ladrillo, para disminuir su presencia en el medio



ambiente y la contaminación que genera el tener estos residuos acumulados en espacios abiertos.

Esta investigación plantea los siguientes objetivos: como objetivo general OG. Evaluar de qué manera influye la combinación de cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos. Como objetivos específicos: OE1. Determinar el porcentaje óptimo de cal con la adición de 5%, 6% y 7% al suelo natural. OE2. Determinar las características físicas del suelo natural. OE3. Determinar las características mecánicas del suelo natural con dosificación óptima de cal, 8%, 10% y 12% de ceniza de aserrín y 10%, 15% y 20% de polvo de ladrillo, respectivamente. OE4. Realizar un modelo numérico utilizando la muestra convencional y la muestra óptima de estabilización.

Yang [21] tuvo el objetivo de determinar las características del suelo al incorporar cal y geotextil, añadiendo al suelo 4%, 6%, 8% y 10% de cal. Se realizaron ensayos de laboratorio como Límites de Atterberg, Proctor y CBR. Los resultados mostraron que, para el suelo en estado puro se obtuvo LL de 69%, LP de 43%, un CHO de 28% DMS de  $1.42 \text{ g/cm}^3$  y CBR de 2.02%. Concluyendo que el 8% de cal es el que presenta mejores resultados alcanzando un de CBR 20%, siendo este el porcentaje óptimo.

Asha, Chamberlin y Rao [22] analizaron las cualidades geotécnicas de los suelos estabilizados con cal. Esta fue añadida al suelo en porcentajes del 2%, 4%, 6%, 8% y 10%. El suelo natural presentó un LL de 72% y un LP de 27%, con una gravedad específica de  $2.68 \text{ g/cm}^3$ , OCH de 25%, DMS de  $1.51 \text{ g/cm}^3$  y CBR de 1%. Concluyeron que el 6% de cal es el óptimo, presentando un OCH de 31.6%, DMS de  $1.41 \text{ g/cc}$ , y los valores de CBR aumentaron del 20%-30% con diversos contenidos de agua.

J. James [23] Determinó cuál era el potencial de la incorporación de lodo

prensado de caña de azúcar (PM) como secundario junto con la cal. La muestra de suelo puro tuvo un LL de 68%, LP de 27%, gravedad específica de 2.76 g/cm<sup>3</sup>, DMS de 1.53 g/cm<sup>3</sup> y CHO de 25%. Se concluyó que el suelo se estabilizó con un 7% de cal en conjunto con dosis de PM en 0.25% y 2%, aumentando la resistencia en un 124% con un periodo de curado de 2 horas, en comparación con la resistencia inmediata.

Li, Radwan, Yin, Gharbawi, Najemalden y Fattah [24] Tuvieron como objetivo estabilizar el suelo expansivo con cal, cemento y humo de sílice para mejorar sus propiedades. Se hicieron uso de porcentajes del 5, 7 y 9%. El suelo expansivo presentó un LL de 121%, LP de 26%, gravedad específica de 2.69 g/cm<sup>3</sup>, DMS de 1.75 g/cm<sup>3</sup> y CHO de 16.5%. Al realizar los ensayos correspondientes, se concluyó que en una mezcla con los tres materiales se reduce el hinchamiento y la presión del suelo, así también el resultado arrojó que un suelo tratado con 5 y 9% de cal aumenta la capacidad de carga de 66 a 85%.

Niyomukiza y Yasir [25] realizaron una investigación donde el objetivo fue afianzar los suelos hinchados por medio de la incorporación de la ceniza de aserrín. Para lo cual se emplearon distintos porcentajes (2%, 4%, 6% y 10%), Se identificó que el suelo estudiado tuvo un CBR de 9.6%, Límite Líquido de 62% y un Límite plástico de 27%, los valores de DMS y CHO fueron de 1.707 g/cm<sup>3</sup> y 19% respectivamente, Se demostró que el 6% de ceniza de aserrín arrojó un valor más alto en el CBR (14.4%), una DMS de 2.269 g/cc y un OCH de 12% concluyendo que la ceniza de aserrín es una medida práctica y rentable para aumentar las características de suelos expansivos.

Portillo [26] tuvo como propósito de estudio, estabilizar la subrasante del suelo expansivo con ceniza de aserrín. Se realizaron pruebas de laboratorio para lograr reconocer las propiedades del suelo y después adicionar la ceniza de aserrín en dosis de 8%, 13% y 18%, obteniéndose, para la muestra natural, LL de 33.5%, LP de 16.19%, MDS de 1.83 g/cm<sup>3</sup>, CHO de 16.79% y CBR al 95% de 4.37%, y para la

muestra optima, con 18% de ceniza de aserrín, un valor de CBR del 10.09%, MDS de 1.687 g/cm<sup>3</sup> y CHO de 20.09%.

Arana y Paredes [27] realizaron un estudio para determinar la influencia de las cenizas de aserrín para el mejoramiento de las cualidades de la subrasante. Se utilizaron dosis del 15%, 20% y 25%, mostrando para el suelo natural valores promedio de LL de 30.20%, LP 22.31%, CHO de 8.21%, DMS de 2.21 g/cm<sup>3</sup> y CBR de 19,7% y para la unión de la ceniza de aserrín, que el porcentaje optimo fue del 11% obteniendo un valor de CBR de 23.4%

Ikeagwuani, Obeta, y Agunwamba [28] tuvieron como objetivo estabilizar el suelo utilizando ceniza de aserrín y cal, para ello se realizaron pruebas como límite de Atterberg, índice de plasticidad y CBR, se quemó aserrín a una temperatura de 800° C para lograr la ceniza y se añadió en porciones de 4, 8, 12, 16, 20%, la cal fue agregada en cantidades de 2, 4, 6, 8, 10%. Los resultados arrojaron que el suelo en estado natural tuvo un LL de 82.6%, LP de 29.2%, gravedad especifica de 2.33 g/cm<sup>3</sup>, CHO de 38% y MDS de 1.31 g/cm<sup>3</sup> y CBR de 5.98%. Y para la mezcla de 16% de ceniza y 4% de cal, se obtuvo un CHO de 29.6%, DMS de 1.37 g/cm<sup>3</sup> y el valor de CBR incremento hasta el 20.64%, siendo esta la proporción optima.

Khaliq, Malik y Singh [29] se investigó el efecto de mezclar cal, polvo de ladrillo y polietileno de baja densidad en las propiedades del suelo arcilloso. Se usaron los siguientes porcentajes 2%, 4%, 6%, 8%, 10% de polvo de ladrillo y 5%, 10%, 15%, 20% de cal, se obtuvo para el suelo patrón un LL de 61.1%, LP de 26.18%, CHO de 17% y MDS de 1.69 g/cm<sup>3</sup> y CBR de 7.41%, y para la mezcla optima de 20% de cal y 8% de polvo de ladrillo el CBR alcanzó su máximo valor siendo este de 17.2%

Malik y Tangri [30] tuvieron como objetivo utilizar polvo de ladrillo para mejorar las propiedades del suelo. Usaron 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de polvo de ladrillo, y el suelo presento propiedades de LL de 42.1%, LP de 22.18%, gravedad

especifica de  $2.76 \text{ g/cm}^3$ , CHO de 19.52%, MDS de  $1.52 \text{ g/cm}^3$  y CBR de 2.78%. Con la adición del 25% de polvo de ladrillo el valor de CBR aumento hasta 9%, concluyendo que este es el porcentaje óptimo de adición.

Salimah, Hazmi, Hasan, Agung, y Yelvi [31] buscaron comparar el potencial de la cal y el polvo de ladrillo para consolidar suelos blandos, para el polvo de ladrillo se usaron porcentajes en 0%, 5%, 10% y 15%, se identificó que el suelo de estudio tuvo LL de 58.3%, LP de 41.8% y CBR de 3.5%. Se llegó a la conclusión que el suelo mezclado con 15% de polvo de ladrillo fue el porcentaje optimo presentando un CBR del 4.55%.

Blayi, Sherwani, Ibrahim y Abdullah [32] tuvieron como objetivo estabilizar un suelo de alta plasticidad utilizando polvo de ladrillo, este mismo fue añadido en 0%, 6%, 12%, 18%, 24% y 30%, el suelo natural presento valores de LL de 52.6%, LP de 33.42% gravedad especifica de  $2.67 \text{ g/cm}^3$ , MDS de  $1.74 \text{ g/cm}^3$ , CHO de 20.42% y CBR de 3.2%, y para la adición del 30% de polvo de ladrillo se adquirió un resultado de CBR de 17.3%, siendo este el porcentaje optimo.

Amena [33] tuvo como objetivo incrementar la resistencia de suelos expansivos con la suma de polvo de ladrillo y tiras de plástico de desecho, realizaron ensayos añadiendo 15%, 20%, 25%, 30%, 35% de polvo de ladrillo, y se obtuvo, para el suelo en estado natural, LL de 58%, LP de 32.9%, gravedad especifica de  $2.65 \text{ g/cm}^3$ , MDS de  $1.496 \text{ g/cm}^3$ , CHO de 24% y CBR de 2.68%, mientras que para el suelo con la adición de 30% de polvo de ladrillo y 0.75% de plástico de desecho el CBR aumento a 8.69%.

Paudel y Kumar [34] buscaron determinar el efecto del polvo del ladrillo, con la finalidad de incrementar la solidez del suelo, incorporaron 10, 15, 20, 25, 30, 40 y 50%, teniendo para la muestra pura LL de 54%, LP de 27.45%, gravedad especifica de  $2.51 \text{ g/cm}^3$ , MDS de  $1.378 \text{ g/cm}^3$  y CHO de 29.21%, concluyendo que la MDS aumenta con el aumento de polvo de ladrillo, siendo el valor más alto de  $1.51 \text{ g/cm}^3$  con el 50%, mientras que los limites disminuyeron, obteniendo LL de 30.9% y LP de 12.37%.

López y Ríos [35] buscaron mejorar las características físico-mecánicas de suelos con incorporación de aditivos orgánicos, los cuales son ceniza de habas y de aserrín, las cuales fueron quemadas a una temperatura de 550°C. La ceniza de aserrín fue añadida por porciones de un 5%, 7%, 9% y 11%. El suelo de estudio tuvo un LL de 60%, LP de 16.53%, CHO de 16.2%, DMS de 1.757 g/cm<sup>3</sup> y CBR al 95% de 2.52%. Además, se obtuvo un valor de CBR de 3.50% para la muestra con adición de 25% de ceniza de aserrín, siendo esta cantidad la óptima.

Villalta y Chang [36] propusieron mejorar las propiedades y la resistencia de suelos expansivos por medio del empleo de puzolanas naturales, polvo de ladrillo y la goma de guar. Para ello se utilizaron los siguientes porcentajes: puzolana natural (PN) en 5%, 10%, 15%, polvo de ladrillo (PL) en 10% y goma de guar, 1%, 2%, 3%. Luego de los ensayos se determinó que para el suelo de estudio se obtuvo LL de 36.3%, LP de 18.9%, MDS de 1.94 g/cm<sup>3</sup> y CHO de 10.50%. La mezcla de 15%PN, 10%PL tuvo una mejora en cuanto a las propiedades mecánicas, resultando en una MDS de 1.88 g/cm<sup>3</sup>.

Fonseca [37] propuso estudiar la estabilización de suelos cohesivos incorporando cal y cemento. Para ello añadió 3.2% y 4.5% de cada material y sometió las muestras de laboratorio a ensayos de Proctor modificado y CBR, obteniendo como resultado que la adición de cal en 4.5% mejoro el valor del CBR de 3.6% a 33.1% y la adición del 4.5% cemento produjo un incremento de 3.6% a 58.1%.

## II. MATERIAL Y METODO

### Suelo

El suelo es la base física sobre la que se desarrollan estructuras y diseños viales, en los que se distinguen tres parámetros: identidad, estado y geo mecánica. Se caracteriza por ciertas condiciones físicas específicas, como densidad, porosidad, rigidez, cohesión, que le otorgan diferentes propiedades en cuanto a resistencia [38]

### Suelos expansivos

El suelo expansivo es un suelo que ha experimentado una variación de su volumen debido a cambios en el contenido de humedad. Estos son suelos que se logran extender cuando se humedecen y se encogen cuando se secan. Su expansión y contracción pueden hacer que los edificios se muevan, se agrieten, se inclinen e incluso se derrumben.[39]

Las muestras de suelo fueron extraídas del distrito de Lambayeque (-6.692084, -79.900859) Con el objetivo de conocer sus características paso por pruebas de granulometría, peso específico, contenido de humedad, limite líquido y plástico, estos a su vez son necesarios para la clasificación SUCS y AASHTO.



**Fig. 1.** Suelo expansivo

## Polvo de ladrillo

Es un material de desecho que se genera en toneladas en los hornos de ladrillos. Tiene una enorme capacidad para minimizar la posible expansión del suelo. [40]

Este material paso por el tamiz N 140 a fin de separar las partículas finas. Fue añadido al suelo en la cantidad de 10%, 15% y 20%.



**Fig. 2.** Polvo de ladrillo

**Tabla I.** PROPIEDADES FISICAS DEL PL

<b>Propiedades</b>	<b>Observaciones</b>
Apariencia	Polvo seco
Color	Naranja
Gravedad especifica	2.67 g/cm <sup>3</sup>
% de absorcion	2.77

## Aserrín

El aserrín es un producto que se adquiere después del corte o pulverizado de la madera mediante sierras, normalmente utilizados en aserraderos o industrias madereras [41].

### Ceniza de aserrín

El aserrín de cedro fue obtenido de aserraderos y posteriormente quemada en un horno a temperaturas de 500, 600 y 700 °C. El horno fue precalentado a 200°-300°C por diez minutos, posteriormente se ingresó la muestra de aserrín y se elevó la temperatura hasta la requerida. Los porcentajes de adición fueron del 8%, 10% y 12". Para lograr la temperatura adecuada de quemado se hizo la prueba de compresión a probetas con muestras del suelo con la adición del 8% de ceniza de aserrín por cada temperatura.



Fig. 3. Quemado de aserrín.



Fig. 4. Ceniza de Aserrín

Tabla II. PROPIEDADES FISICAS Y COMPOSICION QUIMICA DE CA

Propiedades	Observaciones
Apariencia	Polvo seco
Color	Negro
Gravedad especifica	1.71 g/cm <sup>3</sup>
% de absorcion	2.30



Componente	Valor (%)
Óxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	47.48
Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6.75
Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	8.24
Óxido de Calcio (CaO)	11.37
Óxido de Magnesio (MgO)	12.29
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	62.47

## Cal

Entre los aditivos puzolánicos, que reducen las propiedades de hinchamiento de los suelos expansivos, la cal es el más eficaz. También se ha descubierto que la cal aumenta la resistencia de las arcillas expansivas [42]

Este material se añadió al suelo en 5%, 6% y 7% para someterse a prueba de compresión y encontrar el porcentaje óptimo para la elaboración de los ensayos que permitieron identificar las propiedades mecánicas del suelo. Además, paso por ensayos de peso específico y coeficiente de absorción para determinar sus propiedades físicas.



**Fig. 5.** Cal

**Tabla III.** PROPIEDADES FISICAS DE CL

Propiedades	Observaciones
Apariencia	Polvo seco
Color	Blanco
Gravedad especifica	2.41 g/cm <sup>3</sup>
% de absorcion	2.69

## **Granulometría**

El tamaño de la partícula depende de los tamices debido a sus diferentes mallas de alambre con orificios cuadrados, los orificios que van desde malla 100 (150 micras) hasta 9,52 mm son solo para agregado fino. En el caso de partículas grandes, se cuantifican en función del peso del agregado, expresado en el porcentaje que pasan por las mallas. El marcador de posición Fino solo tiene un parámetro.[43]

Para el análisis granulométrico se tomó una muestra representativa del suelo en estudio, la cual fue homogenizada, eliminando restos vegetales y otros desechos. Posteriormente fue tamizada por un periodo de tiempo aproximado de 5 minutos con el fin de que las partículas más pequeñas pasen a través de las mallas para, finalmente, ser pesadas.

## **Contenido de humedad**

Se representa como un tanto por ciento y está definido como la proporción entre la masa de agua y la masa de partículas sólidas y duros contenidas en un volumen dado de suelo.[44]

Para poder definir el contenido de humedad de una muestra de suelo, se pesa la porción húmeda, la cual fue ingresada al horno para secar a una temperatura de 110°C por 24 horas aproximadamente, una vez cumplido ese tiempo se procedió a pesar la muestra seca y calcular el contenido de humedad.

## **Límites de Atterberg**

### Límite líquido

Está definido como una representatividad de la humedad del suelo que permite encontrar el límite entre los estados líquido y plástico. La misma humedad nos permitirá construir una definición de los Límites del Comportamiento de los Fluidos.

### Límite plástico

Esta referida a la humedad del suelo donde un rollo de 3 mm de diámetro debe soportar la tensión antes de romperse o agrietarse. La muestra a partir de la cual se generará el patrón especificado será el suelo que pase por la malla 40.

### Índice de plasticidad

Esta cualidad es importante para asegurar que el suelo pueda mantener su integridad estructural y soportar cargas sin colapsar. El tratamiento del suelo implica técnicas para mejorar esta resistencia, como la compactación, el control del contenido de agua o el uso de aditivos.[45]

## **Ensayo CBR**

Este ensayo permite evaluar las características mecánicas, de igual manera el módulo de rigidez y la resistencia al corte de los suelos expansivos.[46]

Para este ensayo se tomó un modelo de suelo de 6 kg por cada molde, con la humedad óptima conseguida de la prueba de compactación Proctor Modificado. La muestra fue puesta en capas y compactada con un pisón metálico a 56 golpes para el primer molde, 25 golpes para el segundo y 12 golpes para el tercero. Posteriormente las muestras fueron sumergidas en agua por un periodo de 96 horas. Una vez cumplido el tiempo se procedió con la penetración de cada muestra en la prensa, registrando los datos logrados.

## Ensayo de compactación Proctor Modificado

Esta es una prueba que consiste en un proceso de compactación que permite identificar la proporción entre la capacidad de agua y la masa seca por unidad de suelo.

[47]

Se tomó un modelo de suelo de 3kg por cada molde, y se agregó agua en un porcentaje determinado, para posteriormente ingresarlo al molde en 5 capas que se compactaron con el pisón a 25 golpes por capa, finalmente la muestra fue pesada para identificar el óptimo contenido de humedad.

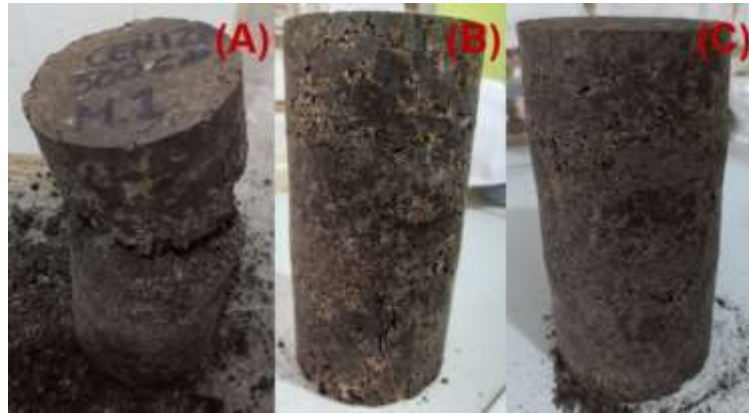
## UCS (NTP 339.167 – ASTM D2166)

Es la carga necesaria por unidad de área sobre la que cae comprimida una muestra cilíndrica de suelo. [48]

Se sometió a pruebas de compresión las muestras con ceniza de aserrín quemada a diferentes temperaturas (500, 600 y 700°C), con la finalidad de obtener cuál es la temperatura adecuada de quemado para la ceniza de aserrín

**Tabla IV.** DATOS OBTENIDOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE SUELO + CENIZA DE ASERRIN

<b>Muestra</b>	<b>Area (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
A: Suelo+8% C.A – 500°C	81.1	164.2	2.0
B: Suelo+8% C.A – 600°C	81.6	378.3	4.6
C: Suelo+8% C.A – 700°C	82.4	387.5	4.7



**Fig. 6.** Probetas de suelo + C.A

Con los datos obtenidos en el ensayo de compresión, se identificó que la temperatura óptima de quemado es 700°C, ya que fue la que mayor valor presentó.

### **Diseño de pavimentos (AASHTO 93)**

Se centra en la evaluación numérica estructural, el cual permite definir la espesura de cada revestimiento de pavimento garantizando su correcto funcionamiento.

[49]

### **Tipo y diseño de investigación**

La investigación aplicada, se encarga de resolver problemas, mediante los hallazgos y soluciones que se plantean en el objetivo del estudio [50]. Esta investigación es del tipo aplicada ya que toma como base conocimientos teóricos ya existentes, los cuales permitirán establecer posibles soluciones a la problemática y su posterior aplicación en el campo.

El diseño experimental se basa en la recopilación de datos y la prueba de hipótesis. Entre sus tipos tenemos los cuasi experimentales, que trabajan con dos grupos no aleatorios y pueden manipular la variable experimental. [51]. La investigación presentó un diseño experimental de tipo cuasi experimental, esto porque se realizarán estudios y pruebas a los modelos de suelo con la adición de cal (6%), ceniza de aserrín (8%, 10% y 12%) y polvo de ladrillo (10%, 15%, 20%) para determinar su contribución en las propiedades mecánicas del suelo, a fin de verificar la hipótesis planteada.

**Tabla V. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Mp	----	----	----	R1
M <sub>1</sub>	X <sub>6%</sub>	Y <sub>8%</sub>	Z <sub>10%</sub>	R2
M <sub>2</sub>	X <sub>6%</sub>	Y <sub>10%</sub>	Z <sub>15%</sub>	R3
M <sub>3</sub>	X <sub>6%</sub>	Y <sub>12%</sub>	Z <sub>20%</sub>	R4

Donde:

- M<sub>p</sub>: Muestra patrón.
- M<sub>1,2,3</sub>: Muestra con adición de variables
- X: Adición de cal en porcentajes de 6%.
- Y: Adición de ceniza de aserrín en porcentajes de 8%, 10% y 12%.
- Z: Adición de polvo de ladrillo en porcentajes de 10%, 15% y 20%.
- R: Resultados de las pruebas realizadas a las muestras.
- ----: Sin adición de variables.

### **Variables, Operacionalización**

Variable dependiente: Estabilización de suelos expansivos.

Variable independiente: Cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo.

**Tabla VI. VARIABLE DEPENDIENTE**

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Estabilización de suelos	Está relacionado a mejorar las propiedades mecánicas del suelo, agregando algún aditivo.	Se va a obtener la estabilización de suelos mediante ensayos de laboratorio para evaluar la mejora de las propiedades del suelo	Proctor Modificado	Densidad Máxima Seca	gr/cm <sup>3</sup>	Análisis de Laboratorio, Ficha de recopilación de información	gr/cm <sup>3</sup>	Dependiente	Intervalo
				Contenido de humedad óptimo	%		%		
			CBR	Capacidad portante del suelo	%		%		

**Tabla VII. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Cenizas de aserrín	Incineración del residuo que se genera durante el proceso de aserrado de la madera.	El aserrín será quemado en un horno a diferentes temperaturas.	Dosificación	Temperatura de incineración	de °C	Ficha de recopilación de información	°C	Independiente	Intervalo
				Porcentajes de adición	de %	Ficha de recopilación de información	%		
				Porcentaje óptimo de adición	%	Análisis de Laboratorio	%		
Polvo de ladrillo	Material granular procedente del proceso de trituración de ladrillos de arcilla.	El polvo será obtenido mediante la trituración de ladrillos de arcilla, para posteriormente ser tamizado.	Dosificación	Porcentajes de adición	de %	Ficha de recopilación de información	%	Independiente	Intervalo
				Porcentaje óptimo de adición	%	Análisis de Laboratorio	%		
Cal	Proveniente de la calcinación de la piedra caliza		Dosificación	Porcentajes de adición	de %	Ficha de recopilación de información	%	Independiente	Intervalo
				Porcentaje óptimo de adición	%	Análisis de Laboratorio	%		

La investigación está determinada por la valoración de cuatro tipos de muestras, siendo la primera, la muestra del suelo sin la adición de las variables, y las posteriores las muestras con la adición, en porcentaje, de cal (6%), ceniza de aserrín (8%, 10% y 12%) y el polvo de ladrillo (10%, 15% y 20%). Por consiguiente, la población de estudio comprenderá todas las muestras experimentales.

La muestra está conformada por 24 muestras de suelo que permitirán realizar los ensayos necesarios, distribuidos de acuerdo con la tabla IX.

**Tabla VIII. MUESTRAS PARA ENSAYOS DE LABORATORIO**

Diseño	P. MECANICAS		P. FISICAS		
	CBR	PROCTOR MODIFICADO	ANALISIS GRANULOMETRICO	CONTENIDO DE HUMEDAD	LIMITES DE ATTERBERG
MP: Patrón	3	3	1	1	1
M1: 6% Cal + 8% Ceniza de aserrín + 10% Polvo de ladrillo	3	3	-	-	1
M2: 6% Cal + 10% Ceniza de aserrín + 15% Polvo de ladrillo	3	3	-	-	1
M3: 6% Cal + 12% Ceniza de aserrín + 20% Polvo de ladrillo	3	3	-	-	1
Total	12	12	1	1	4



Diagrama de flujos y procesos

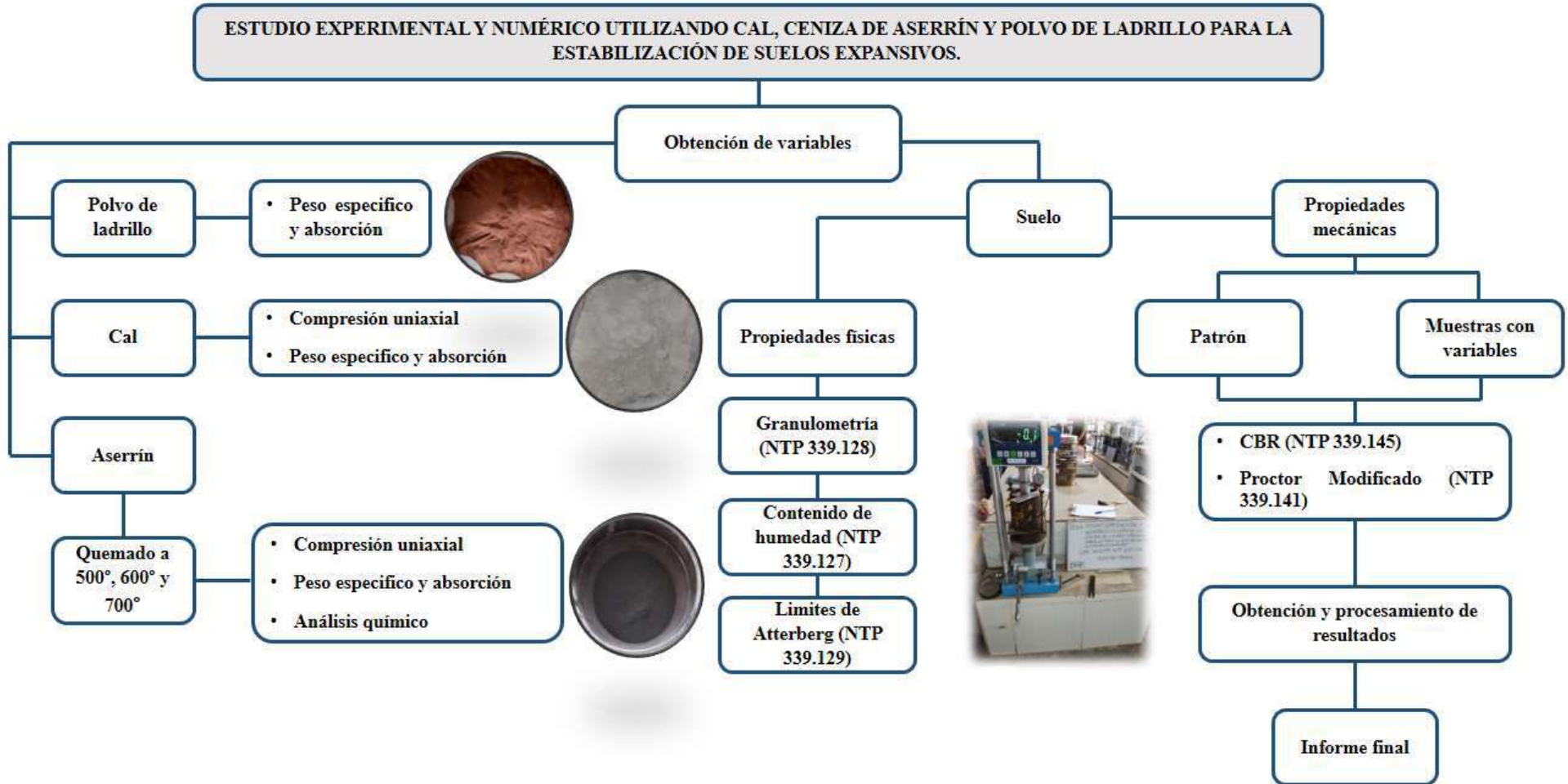


Fig. 7 Diagrama de flujo

Por medio de la observación, se podrá identificar el comportamiento de todas las muestras sometidas a los diferentes ensayos, las cuales quedarán registradas por medio de fotografías que permitirán recopilar los datos obtenidos.

Se recolectarán artículos, tesis y revisas de diversas bases de datos con el propósito de efectuar con los objetivos instaurados.

Se emplearán fichas de recojo de información, para registrar los resultados logrados en cada prueba de laboratorio, siguiendo los formatos establecidos en la NTP y el manual de ensayo de materiales del MTC.

La realización de los ensayos y los resultados que se obtendrán, estarán sujetos a los criterios decretados en la norma actual utilizada en cada uno de los ensayos.

La confiabilidad de esta investigación estará sujeta a cada uno de los instrumentos que se emplearán en cada ensayo de laboratorio, los cuales deberán estar correctamente graduados siguiendo lo establecido en la norma técnica, garantizando la confiabilidad de los datos resultantes.

De acuerdo a lo establecido en el Código de Ética en Investigación Científica de la USS, en el estudio se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- Conformidad explícita e informada.
- Cumplir con normas éticas aprobados y acreditados por la sociedad investigadora.
- Respetar los derechos de posición intelectual de los científicos.
- Adecuada referenciación de las fuentes incluidas en el estudio.

### III. RESULTADOS

Referente al EO1: Determinar el porcentaje óptimo de cal con la adición de 5%, 6% y 7% al suelo natural

Con el objetivo de determinar el porcentaje óptimo de la cal es que se realizó el ensayo UCS, para ello se realizaron probetas con el suelo natural siendo adicionada la cal en 5%, 6% y 7% para luego pasar a la presa y determinar la resistencia como se puede observar en la Tabla IX

**Tabla IX. DATOS OBTENIDOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE SUELO + CL**

Muestra	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
A: Suelo+5% Cal	79.3	305.9	3.9
B: Suelo+6% Cal	78.9	367.1	4.7
C: Suelo+7% Cal	79.0	356.9	4.5



**Fig. 8.** Resistencia del suelo con la adición de cal

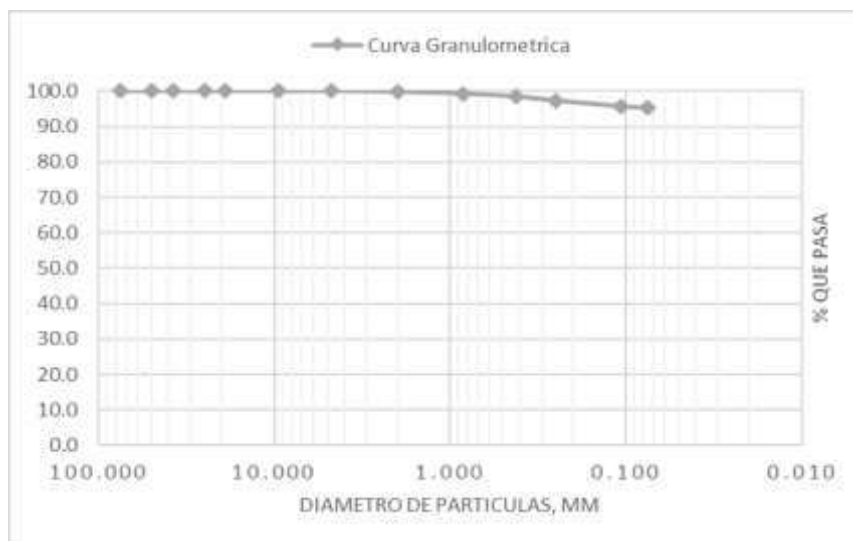


**Fig. 9.** Probetas de suelo con adición de cal

Se identificó que el porcentaje de cal que mejor valor presento fue el de 6%, siendo este el utilizado para añadirlo al suelo en conjunto con las demás variables de estudio

### Referente al EO2: Características físicas del suelo.

Con el objetivo de determinar las propiedades físicas del suelo, se realizó ensayos tales como, análisis granulométrico (Figura 10), contenido de humedad, limite líquido, limite plástico, las cuales se detallan en la Tabla X.



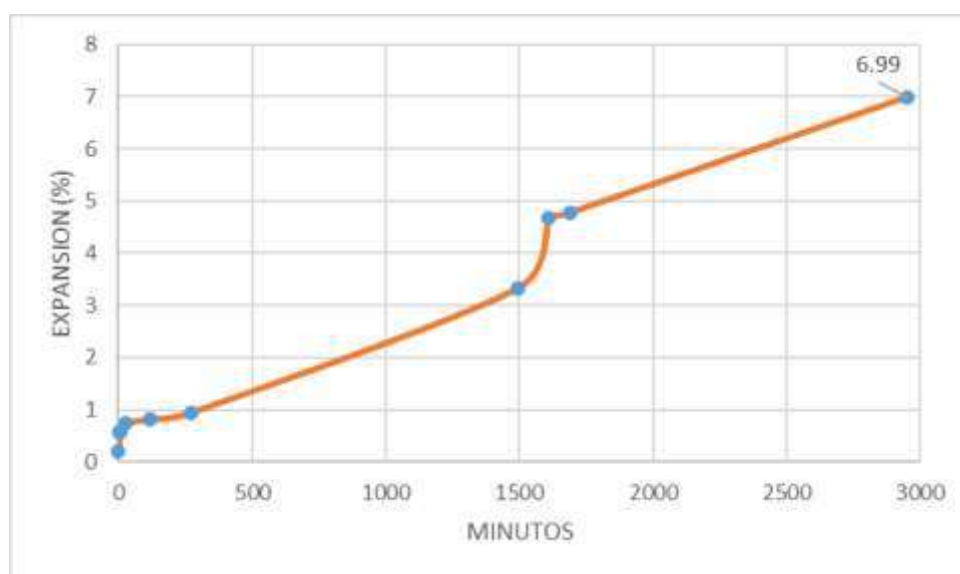
**Fig. 10.** Curva granulométrica del suelo natural

Los resultados de las pruebas de tamaño de partícula se obtuvieron según la norma NTP 339.128, la cual menciona que dependiendo del tamaño de las partículas que pasan o retienen, el suelo puede considerarse grava, arena, limo o arcilla. En nuestra muestra, la cantidad de suelo que pasa a través de la malla número 4 es del 100% y a través de la malla número 200 es del 95,4%.

**Tabla X. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO NATURAL**

PROPIEDADES	SUELO ARCILLOSO
Clasificación SUCS	CH
Clasificación AASHTO	A-7-5 (20)
Límite líquido, LL (%)	60
Límite plástico, LP (%)	30
Índice de plasticidad, IP (%)	30
Contenido de humedad, W (%)	20
Peso específico, $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.49

En la Tabla X se muestra que según la clasificación SUCS, es una arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH). La clasificación AASHTO puede identificar al suelo como arcilloso de pobre a malo.

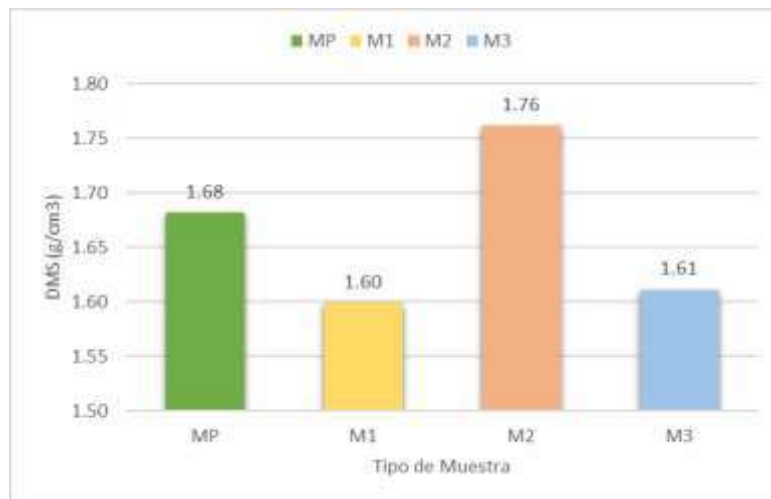


**Fig. 11. Expansión de suelo natural**

En la Fig. 11 se puede observar la curva de expansión del suelo natural a lo largo de un periodo de 3000 minutos, alcanzando un valor final del 7% de expansión.

**Referente al EO3:** Determinar las características mecánicas del suelo natural con la dosificación óptima de cal, 8%, 10% y 12% de ceniza de aserrín y 10%, 15% y 20% de polvo de ladrillo, respectivamente.

Se han ensayado cuatro muestras, la muestra patrón que corresponde al suelo en su estado natural y tres con diferentes porcentajes de adicción de materiales, M1: 6% Cal , 8% de ceniza de aserrín 10% de polvo de ladrillo, la M2: 6% de Cal, 10% ceniza de aserrín y 15% de polvo de ladrillo y la M3: 6% de cal, 12% de ceniza de aserrín y 20% de polvo de ladrillo. Todas las muestras fueron sometidas a la prueba de Proctor Modificado proporcionando los siguientes resultados



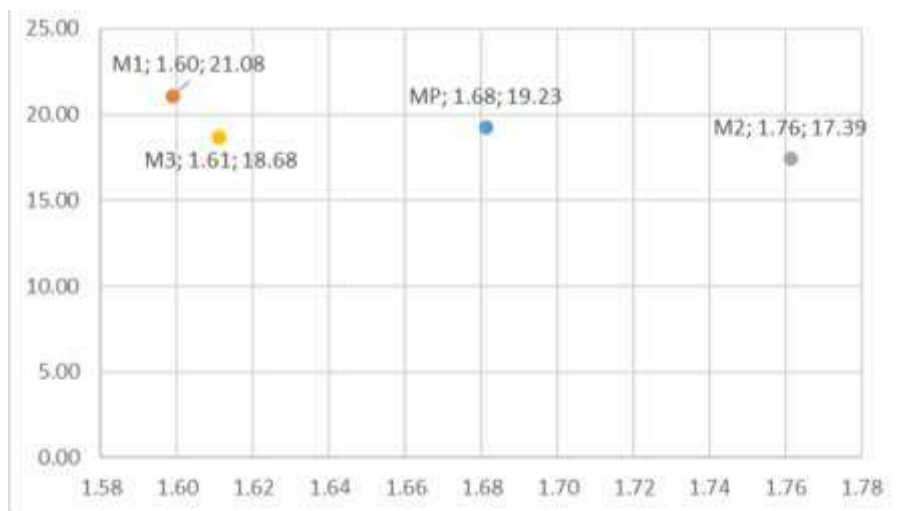
**Fig. 12.** Densidad Máxima Seca de cada muestra

La Figura 12 muestra los resultados del DMS que a la M1 y M3 más bajos en comparación con la prueba patrón llegando a valores de 1,60 g/cm<sup>3</sup> y 1,61 g/cm<sup>3</sup>. En el valor del DMS de la M2, al agregar 6% cal, 10% ceniza de aserrín y 15% polvo de ladrillo, tiene un valor mayor llegando a (1,76 g/cm<sup>3</sup>).



**Fig. 13.** Contenido de humedad óptima de cada muestra

En la figura 13 se puede contemplar que los porcentajes de CHO de la M2 y M3 con la incorporación de aditivos a mayor porcentaje presentan valores por debajo de la muestra patrón. El mayor valor obtenido es de la M1 la cual tiene la adición de 6% de cal, 8% de ceniza de aserrín y 10% polvo de ladrillo, con CHO de 21.08%.

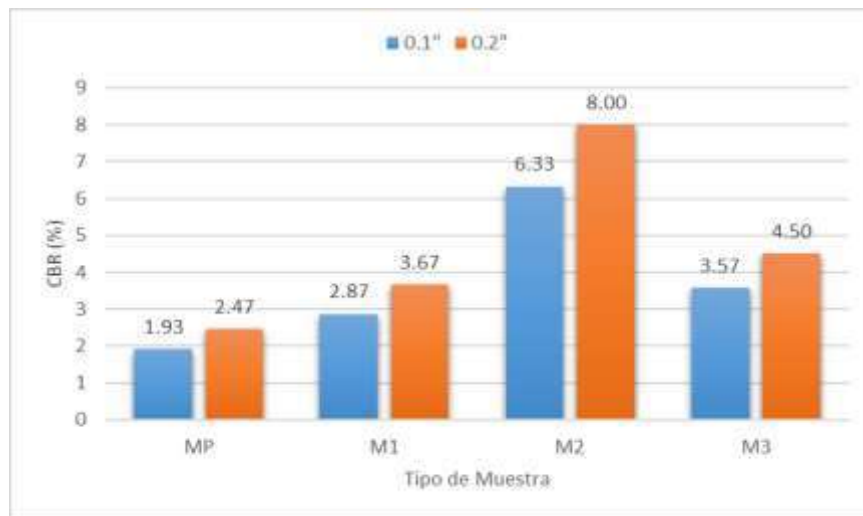


**Fig. 14..** Relación entre la MDS y el CHO

En la Fig. 14. Se puede observar la relación entre la MDS y el CHO, identificando que hay un aumento en la densidad de la M2 respecto a la M1. Esto se puede explicar debido a la acción de la cal, el polvo de ladrillo y la ceniza de aserrín, los que en conjunto mejoran la compactación del suelo, en consecuencia, aumentan la cohesión entre las partículas y reducen la cantidad de vacíos. Sin embargo, se observa

que, al aumentar el porcentaje de dichos materiales en el suelo, la densidad de la muestra se reduce con respecto a la M2.

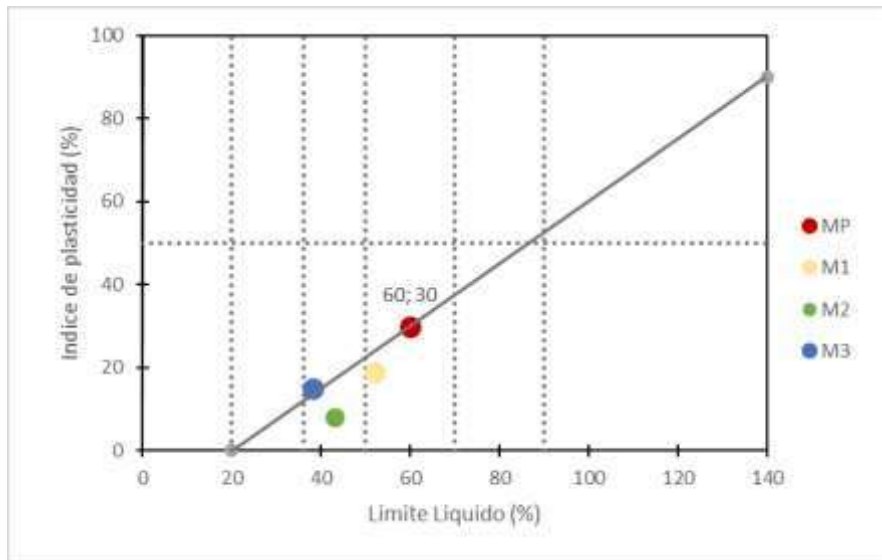
Se realizaron los ensayos de CBR, posterior a un periodo de curado de 4 días, considerándose los valores de CHO y DMS resultantes del ensayo de Proctor modificado. Obteniendo como resultado, tal como se muestra en el siguiente gráfico, valores para un CBR al 95% para cada una de las muestras evaluadas:



**Fig. 15.** CBR al 95% al 0.1" y 0.2" por cada muestra

En la figura 15 se observa un aumento en los valores del CBR de las muestras con aditivos con respecto a la muestra patrón (1.93 y 2.47%), siendo el valor más alto el perteneciente a la M2 con 6.33 y 8.00%, al igual que en los valores de la MDS, la M3 presenta una disminución en el valor de CBR llegando hasta 3.57% y 4.50%. El aumento del CBR en la M2, se puede explicar con los resultados obtenidos en el ensayo de Proctor modificado, donde se observa que presenta la densidad más alta de todas las muestras evaluadas, entendiéndose con ello, que se logra un aumento de la resistencia y la disminución de su capacidad de deformación ante las cargas, con respecto a las muestras con valores de densidad menores.





**Fig. 16.** Potencial de expansión de las muestras de suelo

En la figura 16 se observa los valores de LL e IP obtenidos para la muestra patrón y las muestras con la adición de variables. De acuerdo con el criterio de Dakshanamurthy y Raman, basado en la relación entre la plasticidad del suelo y su contenido de humedad, se observa que la MP y M1 presentan un potencial de expansión alto, debido a que presentan los mayores valores de LL e IP, es decir, estas muestras presentan mayor capacidad de absorber y retener una mayor cantidad de agua, así como propensión a la expansión y contracción. Esto cambia con la M2 y M3, las cuales se encuentran en el rango de un potencial de expansión medio, demostrando así que la adición conjunta de cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo tienden a disminuir la susceptibilidad del suelo a los cambios volumétricos, esto puede deberse a la mejora de la permeabilidad y la reducción de la plasticidad en las muestras.

**OE 4: Realizar un modelo numérico utilizando la muestra convencional y la muestra optima de estabilización.**

Usando los datos que se obtuvieron en el laboratorio para la muestra optima (CBR 6.33%), se desarrolló el diseño de pavimento flexible, tomando datos del manual de carreteras y valores propuestos a manera de ejemplificar. Esto no se pudo realizar con la muestra patrón ya que el CBR obtenido corresponde a una subrasante inadecuada. Sin embargo, si fue realizado con la muestra optima (6% cal, 10% ceniza de aserrín y 15% de polvo de ladrillo) con un CBR de 6.33%, que pertenece a una subrasante regular, teniendo como datos.

**Tabla XI. DATOS GENERALES PARA DISEÑO DE PAVIMENTO**

Periodo de diseño	20 años
TPDI	650 veh
Carriles	2
Crecimiento anual	5%
Factor camión	1.7
CBR	6.33 %
CBR sub base	40
CBR base	80

**EJES EQUIVALENTES**

- **Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño**

Tomando en consideración los valores brindados en el cuadro 6.1 perteneciente al capítulo VI – Trafico vial del MANUAL DE CARRETERAS [48]. Se asigna para nuestro caso los siguientes valores.

**Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño**

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

**Fig. 17.** Factores de distribución direccional y de carriles para determinar el tráfico en el carril de diseño.

**Tabla XII.** Datos obtenidos de la distribución direccional y de carriles.

TPDI (2 SENTIDOS)	FACTOR DIRECCIONAL (Fd)		FACTOR CARRIL (Fc)	
650	0.5	325	1	325

- **Esal (carril de diseño)**

Con los datos anteriores, usando la ecuación propuesta por el manual de carreteras se calculará el número de vehículos por año y que multiplicado con el Factor camión nos dará el ESAL para carril de diseño.

$$\#EE = 365 * (\sum f. IMDa) * Fd * Fc * Fca$$

**Tabla XIII.** Datos para obtener el EE

TPDI (2 sentidos)	Factor direccional (fd)		Factor carril (fc)		Nº de veh. Por año	Factor camión	Esal (carril de diseño)	
650	0.50	325	1.00	325	365	118625	1.70	<b>201662.50</b>

- **Factor de crecimiento, proyección y Esal año diseño**

Con el ESAL para carril de diseño se multiplicará por el Factor de crecimiento Acumulado (Fca) obtenido por el cuadro 6.2 del manual de carreteras [48], dándonos como resultado el ESAL año diseño.

a)

**Factores de Crecimiento Acumulado (Fca)  
Para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE**

Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

**Fig. 18.** Factores de crecimiento acumulativo (Fca)

b)  $Factor\ Fca = \frac{(1+r)^n}{r}$

Dónde: r = Tasa anual de crecimiento y n = periodo de diseño

**Tabla XIV.** CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

Esal (carril de diseño)	Factor de crecimiento	Esal año diseño
201662.50	33.07	6668162.97 EE

## CLASIFICACION DEL TRAFICO SEGÚN EL MTC [49]

Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T <sub>P5</sub>	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T <sub>P6</sub>	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T <sub>P7</sub>	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T <sub>P8</sub>	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T <sub>P9</sub>	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T <sub>P10</sub>	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T <sub>P11</sub>	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T <sub>P12</sub>	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T <sub>P13</sub>	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T <sub>P14</sub>	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fig. 19. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes

## DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible es la propuesta por el manual de carreteras [48]

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_g S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_g) - 8.07$$

- **Hallamos las variables**

a) Confiabilidad y desviación estándar normal (Zr)

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R) y Desviación Estándar Normal (Z<sub>a</sub>) Para una sola etapa de 20 años según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z <sub>a</sub> )
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>10</sub>	100,000	150,000	65%	-0.385
	T <sub>11</sub>	150,001	300,000	70%	-0.524
	T <sub>12</sub>	300,001	500,000	75%	-0.674
	T <sub>13</sub>	500,001	750,000	80%	-0.842
	T <sub>14</sub>	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>15</sub>	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T <sub>16</sub>	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T <sub>17</sub>	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T <sub>18</sub>	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T <sub>19</sub>	7,500,001	10,000,000	90%	-1.282
	T <sub>20</sub>	10,000,001	12,500,000	90%	-1.282
	T <sub>21</sub>	12,500,001	15,000,000	90%	-1.282
	T <sub>22</sub>	15,000,001	20,000,000	90%	-1.282
	T <sub>23</sub>	20,000,001	25,000,000	90%	-1.282
	T <sub>24</sub>	25,000,001	30,000,000	90%	-1.282
	T <sub>25</sub>		>30,000,000	95%	-1.645

Fig. 20. Valores recomendados de nivel de confiabilidad (R) y desviación estándar (Z<sub>r</sub>)

b) Variación de servicialidad (ΔPSI)

Índice de Servicialidad Inicial (PI) Según Rango de Tráfico						
TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pf)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>10</sub>	75,000	150,000	3.80	2.00	1.80
	T <sub>11</sub>	150,001	300,000	3.80	2.00	1.80
	T <sub>12</sub>	300,001	500,000	3.80	2.00	1.80
	T <sub>13</sub>	500,001	750,000	3.80	2.00	1.80
	T <sub>14</sub>	750,001	1,000,000	3.80	2.00	1.80
Resto de Caminos	T <sub>15</sub>	1,000,001	1,500,000	4.00	2.50	1.50
	T <sub>16</sub>	1,500,001	3,000,000	4.00	2.50	1.50
	T <sub>17</sub>	3,000,001	5,000,000	4.00	2.50	1.50
	T <sub>18</sub>	5,000,001	7,500,000	4.00	2.50	1.50
	T <sub>19</sub>	7,500,001	10,000,000	4.00	2.50	1.50
	T <sub>20</sub>	10,000,001	12,500,000	4.00	2.50	1.50
	T <sub>21</sub>	12,500,001	15,000,000	4.00	2.50	1.50
	T <sub>22</sub>	15,000,001	20,000,000	4.20	3.00	1.20
	T <sub>23</sub>	20,000,001	25,000,000	4.20	3.00	1.20
	T <sub>24</sub>	25,000,001	30,000,000	4.20	3.00	1.20
	T <sub>25</sub>		>30,000,000	4.20	3.00	1.20

Fig. 21. Índice de capacidad de servicio inicial (Pi) según rango de tráfico

c) Desviación Estándar Combinada (So)

La Guía AASHTO recomienda valores de So entre 0,40 y 0,50 para pavimentos flexibles, mientras que el manual de carreteras [48] utiliza un valor de 0,45 como recomendación.

d) Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR (Mr)

**Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR**

CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M <sub>r</sub> ) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M <sub>r</sub> ) (MPa)	CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M <sub>r</sub> ) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M <sub>r</sub> ) (MPa)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04

**Fig. 22.** Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR

**Tabla XV.** Resultados Obtenidos

<b>Mr =</b>	<b>8318 PSI</b>	<b>57.35 Mpa</b>
-------------	---------------------	----------------------

e) Numero estructural propuesto (SNR)

$$SN = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

Donde:

a1, a2, a3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

d1, d2, d3 = espesores de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

m2, m3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

**Tabla XVI. COMPONENTES DE COEFICIENTES Y ESPESORES POR CAPAS**

---

<b>a1 =</b>	<b>0.17</b>
<b>d1 =</b>	<b>10.00</b>
<b>a2 =</b>	<b>0.052</b>
<b>d2 =</b>	<b>25.00</b>
<b>m2 =</b>	<b>1.00</b>
<b>a3 =</b>	<b>0.047</b>
<b>d3 =</b>	<b>25.00</b>
<b>m3 =</b>	<b>1.00</b>

---

Los datos indicados en la tabla fueron obtenidos de los cuadros 12.13 y 12.17 del manual de carreteras [48], y se obtuvo un resultado de **SNR = 4.18**.

**Reemplazamos en la ecuación de diseño las variables**

**Tabla XVII. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA ECUACIÓN DE DISEÑO**

---

<b>W<sub>18</sub> =</b>	<b>6668163</b>
<b>Z<sub>r</sub> =</b>	<b>-1.282</b>
<b>S<sub>o</sub> =</b>	<b>0.45</b>
<b>ΔPSI =</b>	<b>1.50</b>
<b>P<sub>t</sub> =</b>	<b>2.50</b>
<b>M<sub>r</sub> =</b>	<b>8460.00</b>
<b>SNR=</b>	<b>4.18</b>

---

El SN requerido resulta en el valor de 4.67, por lo que se procede a encontrar espesores que cumplan esa condición, obteniendo los indicados en la siguiente tabla.

**Tabla XVIII. RESULTADOS FINALES DE ESPESORES**

---

<b>D<sub>1</sub> =</b>	<b>11</b>	<b>Capa superficial</b>
<b>D<sub>2</sub> =</b>	<b>30</b>	<b>Base</b>
<b>D<sub>3</sub> =</b>	<b>27</b>	<b>Sub base</b>

---





**Fig. 23.** Espesores finales para el diseño de pavimento

#### IV. DISCUSION

Respecto a determinar la dosificación óptima de cal, se obtuvo que la adición del 6% presenta un mayor valor de resistencia a la compresión alcanzando 4.7 kg/cm<sup>2</sup>. Este resultado se encuentra dentro del rango de porcentajes óptimos alcanzado por Yang [21], Asha, et al [22] y Fonseca [37], quienes obtuvieron valores de 8%, 6% y 4.5% respectivamente.

Acerca de identificar las propiedades físicas del terreno natural, los datos muestran que el suelo fue una arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH) conforme a la clasificación SUCS, el valor de Limite Liquido fue de 60%, el Limite plástico de 30% y una gravedad específica de 2.49 g/cm<sup>3</sup>. Los autores James [23], Niyomukiza, et al [25] y Khaliq, et al [29]; identificaron valores de LL superiores al obtenido (68%, 62% y 61.1%), mientras que Portillo [26], Arana, et al [27]; obtuvieron valores muy por debajo del resultante (33.5% y 30.2%). Para el LP y la gravedad específica los autores Asha, et al [22] y Ikeagwuani, et al [28]; tuvieron valores muy similares al resultante (27%, 29.2% y 2.68 g/cm<sup>3</sup>, 2.33 g/cm<sup>3</sup> para LP y gravedad específica respectivamente). Los valores de LL e IP nos indican que el suelo estudiado presento un alto potencial de expansión.

Con respecto de las propiedades mecánicas de la muestra de suelo expansivo, se obtuvo para la DMS el valor de 1.68 g/cm<sup>3</sup>. En base a ello autores como J. James [23] y Paudel y Kumar [34]; presentaron valores inferiores (1.53 g/cm<sup>3</sup> y 1.378 g/cm<sup>3</sup>). Se determinó un CBR al 95% de 1.93%, resultado inferior a los obtenidos por los autores Blayi, et al [32] y Amena [33], siendo estos de 3.2% y 2.68% respectivamente.

Sobre las propiedades mecánicas de la muestra de suelo con la adición de 6% de cal, 8, 10 y 12% de ceniza de aserrín y 10, 15 y 20% de polvo de ladrillo, se obtuvo que la mezcla óptima fue la que contiene 6% de cal, 10% de ceniza de aserrín y 15% de polvo de ladrillo, con un valor de CBR de 6.33%, contenido de humedad óptimo de 17.39% y densidad máxima seca de 1.76 g/cm<sup>3</sup>. Este resultado es superior al obtenido

por Salimah, et al [31], quien para el 15% de polvo de ladrillo obtuvo un valor de CBR de 3.5%, mientras que Yang [21], obtuvo un valor superior de CBR y CHO siendo este del 20% y 28% respectivamente, sin embargo, la densidad máxima seca fue inferior ( $1.42 \text{ g/cm}^3$ ), esto con una adición de 8% de cal. A su vez López y Ríos [35], obtuvieron un 25% de ceniza de aserrín como porcentaje optimo, un valor de CBR de 3.5%, un contenido óptimo de humedad de 16.2%, valores inferiores al obtenido en la investigación, por el contrario, presentó un valor muy cercano en la densidad máxima seca, siendo este de  $1.757 \text{ g/cm}^3$ .

Se observó que la adición de cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo redujo la eventual expansión del suelo, pasando de un potencial alto para la muestra patrón a un potencial medio para la M2 y M3.

Con respecto al análisis económico realizado para la muestra optima, se obtuvo que el costo por metro cubico es de S/. 292.12. Este resultado es superior a [37] cuya dosificación optima de estabilización con cemento resulto en un costo de S/. 99.56.

Acerca del modelo numérico se determinó que para la muestra patrón, el valor de CBR de 1.93% presenta una subrasante inadecuada, según el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, por lo que no es apto para el diseño del pavimento flexible.

El CBR de la muestra optima (6.33%) representa una subrasante regular, por lo que sí es apto para el diseño del pavimento flexible. Los resultados obtenidos para los espesores del pavimento fueron 11cm, 30cm y 27cm para la carpeta asfáltica, base y subbase respectivamente. Estos valores son similares a los recomendados por el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

No obstante, se tuvo como limitaciones para la presente investigación, la nula cantidad de artículos referenciales que empleen las variables de estudio en conjunto, tanto para la parte experimental, como para el modelado numérico.

## V. CONCLUSIONES

El ensayo UCS nos permitió identificar el porcentaje óptimo mediante la resistencia a la compresión, siendo el 6% de cal la que nos brinda una mejor resistencia presentando un valor de  $4.7 \text{ kg/cm}^2$ , esta fue la dosificación que se empleó en la combinación con la ceniza de aserrín y el polvo de ladrillo.

La muestra de suelo utilizada fue una arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH) de acuerdo a la clasificación SUCS, con valores para LL, LP, y gravedad específica de 60%, 30% y  $2.49 \text{ g/cm}^3$  respectivamente, así mismo para la clasificación por AASHTO, este es un suelo regular a insuficiente.

La muestra patrón presentó un CBR de 1.93%, un CHO de 19.65% y DMS de  $1.637 \text{ g/cm}^3$ , mientras que, la adición de 6% de cal, 10% de ceniza de aserrín y 15% de polvo de ladrillo presentó el suelo más denso con un valor de MDS de  $1.76 \text{ g/cm}^3$  y un incremento de 327% del valor de CBR, llegando hasta 6.33%, además redujo en mayor medida el potencial expansivo del suelo, siendo esta la óptima combinación.

La representación del diseño de pavimento permitió identificar que la muestra patrón no es apta para ningún tipo de diseño, lo cual cambió al estabilizarlo con la óptima dosificación (6% cal, 10% ceniza de aserrín y 15% de polvo de ladrillo), ya que el aumento del CBR a 6.33%, permitió que la subrasante pase de insuficiente a regular, volviéndola apta para el diseño de pavimento, obteniendo valores de espesores de capas de acuerdo a la norma respectiva.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Debido a que se emplearon distintos porcentajes de cal para identificar la dosificación óptima por medio del ensayo UCS, se recomienda realizar ensayos adicionales a fin de obtener características más exactas de los componentes de cada elemento de las muestras.

Este estudio demostró que el tipo de suelo extraído fue de baja calidad, siendo necesario estabilizarlo, no obstante, los resultados presentados solo se aplican al mismo tipo de suelo.

Se recomienda la utilización en conjunto del 6% de cal, 10% de ceniza de aserrín y 15% de polvo de ladrillo como estabilizador del suelo arcilloso de alta plasticidad, ya que demostraron un incremento significativo en la calidad del suelo.

Los datos adquiridos para el diseño del pavimento flexible son representativos, por lo que se recomienda hacer un cálculo de IMDA exacto y emplear el uso de otros softwares especializados en el tema, para obtener valores reales a fin de tener un diseño exacto.

## REFERENCIAS

- [1] D. Barman and S. K. Dash, "Stabilization of expansive soils using chemical additives: A review," *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol. 14, no. 4, pp. 1319–1342, Aug. 2022, doi: 10.1016/J.JRMGE.2022.02.011.
- [2] D. Kumar, A. Sharma, K. Singh, D. S. V Prasad, C. Sivannarayana, and P. Sunitha, "Effect of bamboo fibres and lime on engineering properties of expansive soil," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1025, no. 1, p. 012010, Jan. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1025/1/012010.
- [3] P. Indiramma, C. Sudharani, and S. Needhidasan, "Utilization of fly ash and lime to stabilize the expansive soil and to sustain pollution free environment – An experimental study," *Mater Today Proc*, vol. 22, pp. 694–700, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.MATPR.2019.09.147.
- [4] T. B. Phan *et al.*, "The influence of Keruing Sawdust on the geotechnical properties of expansive Soils," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 448, no. 1, p. 012040, Mar. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/448/1/012040.
- [5] H. Ahmadi Chenarboni, S. Hamid Lajevardi, H. MolaAbasi, and E. Zeighami, "The effect of zeolite and cement stabilization on the mechanical behavior of expansive soils," *Constr Build Mater*, vol. 272, p. 121630, Feb. 2021, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2020.121630.
- [6] J. Vladimir and M. Cedeño, "Análisis comparativo estabilización de suelo expansivo con cal y estabilización de suelo expansivo con materiales evacuados, cerámica triturada, hormigón triturado y ceniza de bagazo," 2023, Accessed: Jul. 07, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6059>
- [7] A. F. Al-Baidhani and A. J. Al-Taie, "Shrinkage and Strength Behavior of Highly Plastic Clay Improved by Brick Dust," *Journal of Engineering*, vol. 26, no. 5, pp. 95–105, May 2020, doi: 10.31026/J.ENG.2020.05.07.
- [8] F. E. Jalal, Y. Xu, B. Jamhiri, S. A. Memon, and A. Graziani, "On the Recent Trends in Expansive Soil Stabilization Using Calcium-Based Stabilizer Materials (CSMs): A Comprehensive Review," *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/1510969.
- [9] D. Q. Vilca, "Estabilización de suelos expansivos con ceniza de mazorca de maíz en la ciudad del Cusco," *Ambiente, Comportamiento y Sociedad*, vol. 4, no. 2, pp. 75–86, Feb. 2021, doi: 10.51343/RACS.V4I2.808.
- [10] Y. Liu *et al.*, "Stabilization of expansive soil using cementing material from rice husk ash and calcium carbide residue," *Constr Build Mater*, vol. 221, pp. 1–11, Oct. 2019, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.05.157.
- [11] D. S. Vijayan and D. Parthiban, "Effect of Solid waste based stabilizing material for strengthening of Expansive soil- A review," *Environ Technol Innov*, vol. 20, p. 101108, Nov. 2020, doi: 10.1016/J.ETI.2020.101108.
- [12] M. Ahmadzai and A. Sharma, "Soil Stabilization With Brick Kiln Dust And Waste Fiber," 2019, [Online]. Available: [www.ijiras.com](http://www.ijiras.com)
- [13] B. DE Matamoros La Cruz and M. Hipólito, "Evaluación del Cloruro de Sodio en la Estabilización de las Propiedades de Suelos Expansivos para su Uso Como Subrasante,"

*Universidad Peruana Los Andes*, Oct. 2022, Accessed: Jul. 07, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4788>

- [14] W. J. L. Quispe Chuquillanqui, “Estabilización de subrasante de vías en suelos expansivos con cloruro de sodio – Avenida Jacinto Ibarra, distrito de Chilca - Huancayo 2020,” *Universidad Continental*, 2020, Accessed: Jul. 07, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8216>
- [15] M. Ponce and D. Leonardo, “Evaluación de nuevos materiales aligantes alternativos al cemento Portland tradicional para su potencial aplicación en la construcción de viviendas,” 2019.
- [16] B. Elizondo Nolasco, M. Muñoz Ramos, M. Martínez Ávila, and J. Valdés García, “Aprovechamiento de aserrín y reutilización de papel como sustituto de carbón vegetal,” 2022.
- [17] E. Solano-Benavides, N. Alandete-Brochero, and H. Estrada-López, “Residuos de madera: impacto social, económico y ambiental,” *Residuos de madera. Impacto Social, Económico y Ambiental*, Nov. 2022, doi: 10.17081/R.BOOK.2023.02.11687.
- [18] J. C. Bresciani, M. J. Mantulak, C. R. Brazzola, and D. T. E. y V. (9 : 1-5 de febrero de 2021 : O. M. Jornadas de Investigación, “Aprovechamiento de residuos de madera en construcciones civiles : revisión bibliográfica,” Feb. 2021, Accessed: Jul. 21, 2023. [Online]. Available: <https://rid.unam.edu.ar:443/handle/20.500.12219/3196>
- [19] M. A. Torres Lara, “Relación de la responsabilidad ambiental corporativa (RAC) y la producción de ladrillos en los distritos de San Agustín de Cajas y Huancayo - Junín 2022,” 2022.
- [20] F. Madueño, L. Choque, and L. Clemente, “Ladrillo reciclado para elaboración de pavimento permeable para parqueaderos,” *NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*, vol. 6, no. 1, pp. 19–35, Jan. 2023, doi: 10.37135/ns.01.11.02.
- [21] L. Yang *et al.*, “Stabilization of Expansive Soil by Using Lime and Reinforcement With Geo-Textile,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1112, no. 1, p. 012023, Apr. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1112/1/012023.
- [22] P. Asha, K. S. Chamberlin, and M. R. Rao, “Influence of Lime for Enhancing Characteristics of Expansive Soils in Road Works,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1197, no. 1, p. 012077, Nov. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1197/1/012077.
- [23] J. James, “Sugarcane press mud modification of expansive soil stabilized at optimum lime content: Strength, mineralogy and microstructural investigation,” *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol. 12, no. 2, pp. 395–402, Apr. 2020, doi: 10.1016/J.JRMGE.2019.10.005.
- [24] H. Li, A. E. Radwan, S. Yin, A. S. A. Al-Gharbawi, A. M. Najemalden, and M. Y. Fattah, “Expansive Soil Stabilization with Lime, Cement, and Silica Fume,” *Applied Sciences 2023, Vol. 13, Page 436*, vol. 13, no. 1, p. 436, Dec. 2022, doi: 10.3390/APP13010436.
- [25] J. B. Niyomukiza and Y. Yasir, “Effects of Using Sawdust Ash as a Stabilizer for Expansive Soils,” *E3S Web of Conferences*, vol. 448, p. 03075, 2023, doi: 10.1051/E3SCONF/202344803075.

- [26] M. C. Ccalla Portillo, "Adición de ceniza de aserrín para estabilizar la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana Huancané – Puno, 2022," 2022.
- [27] M. Arana and P. Baca, "Mejoramiento de propiedades físico-mecánicas de suelos con adición de aditivos orgánicos en la carretera Yaurisque – Ranraccasa, Cusco-2022," 2022.
- [28] C. C. Ikeagwuani, I. N. Obeta, and J. C. Agunwamba, "Stabilization of black cotton soil subgrade using sawdust ash and lime," *Soils and Foundations*, vol. 59, no. 1, pp. 162–175, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.SANDF.2018.10.004.
- [29] S. Khaliq, M. I. Malik, and J. Singh, "Influence of lime and brick dust on compaction and strength properties of clay soil when mixed with ldpe," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 8, no. 10, pp. 4088–4092, Aug. 2019, doi: 10.35940/IJITEE.J9050.0881019.
- [30] M. I. Malik and A. Tangri, "Prominence of Lime Sludge, Burnt Brick Dust and Low Density Polyethylene on Strength Properties of Soil," 2020.
- [31] A. Salimah, M. Hazmi, M. F. R. Hasan, P. A. M. Agung, and . Yelvi, "A comparative study of red brick powder and lime as soft soil stabilizer," *F1000Res*, vol. 10, p. 777, Jul. 2021, doi: 10.12688/F1000RESEARCH.27835.2.
- [32] R. A. Blayi, A. F. H. Sherwani, H. H. Ibrahim, and S. J. Abdullah, "Stabilization of high-plasticity silt using waste brick powder," *SN Appl Sci*, vol. 2, no. 12, pp. 1–12, Dec. 2020, doi: 10.1007/S42452-020-03814-8/FIGURES/21.
- [33] S. Amena, "Experimental study on the effect of plastic waste strips and waste brick powder on strength parameters of expansive soils," *Heliyon*, vol. 7, no. 11, p. e08278, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.HELIYON.2021.E08278.
- [34] S. Paudel and B. Kumar Dahal, "Effect of Brick Dust on Soil and Strength Improvement with the use of Plastic Waste," 2022.
- [35] R. López Arriaga and C. A. Rios Carrión, "Mejoramiento de las propiedades físico mecánico de la subrasante con ceniza de aserrín en la calle Santa Rosa, Iquitos 2021," *Repositorio Institucional - UCV*, 2021, Accessed: Jul. 19, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86739>
- [36] J. C. Villalta Vergara and E. M. Chang Bernal, "Estudio experimental de las propiedades físicas, mecánicas y de resistencia de suelos arcillosos mediante el uso de puzolana natural, polvo de ladrillo y goma guar en San Cristóbal-Huancavelica," *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*, Dec. 2020, Accessed: Jul. 08, 2023. [Online]. Available: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653987>
- [37] E. Y. De Suelos Con Cal Cemento Para Tratamiento De Subrasante De La Carretera En El Distrito La Ramada and B. Fonseca Sanchez Kattia Melisa, "Estabilización de suelos con cal y cemento para tratamiento de subrasante de la carretera en el Distrito la Ramada Provincia de Cutervo – Cajamarca - Perú," *Repositorio Institucional - USS*, 2023, Accessed: Sep. 28, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/12100>
- [38] D. de J. Guerra Ayala and D. Quispe Velasque, "Estudio comparativo entre los aditivos Proes y Polycom en ensayos de resistencia y durabilidad para afirmados estabilizados,



- Ayacucho - 2021," *Repositorio Institucional - UCV*, 2021, Accessed: Jul. 19, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84584>
- [39] V. García and K. Coronel, "Estabilización de un talud compuesto por suelo expansivo incorporando ceniza volcánica," Dec. 2020, Accessed: Jul. 08, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7184>
- [40] R. Khan and V. K. Sonthwal, "Soil stabilization using brick kiln dust and waste coir fibre," *International Journal of Recent Technology and Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 2574–2578, Jul. 2019, doi: 10.35940/ijrte.B1834.078219.
- [41] J. B. Niyomukiza, S. P. R. Wardani, and B. H. Setiadji, "The Effect of Curing Time on the Engineering Properties of Sawdust and Lime Stabilized Expansive Soils," pp. 157–161, Feb. 2020, doi: 10.2991/AER.K.200220.033.
- [42] B. R. Phanikumar and E. Ramanjaneya Raju, "Compaction and strength characteristics of an expansive clay stabilised with lime sludge and cement," *Soils and Foundations*, vol. 60, no. 1, pp. 129–138, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.SANDF.2020.01.007.
- [43] H. A. Ipince Cuevas, "Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo 2019," 2019.
- [44] J. A. Tairo Pimentel, "Cálculo de asentamientos diferenciales del pabellón de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNSA," 2020, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. Accessed: Jul. 19, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/11227>
- [45] T. M. Angel and Y. Quispe, "Efecto de la adición de polímero bicomponente, en las propiedades físicas y mecánicas de arcillas expansivas del sector de Ccapac Modo - Cusco, 2021," *Universidad Continental*, 2021, Accessed: Jul. 19, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10521>
- [46] V. Quan and H. Q. Do, "Prediction of California Bearing Ratio (CBR) of Stabilized Expansive Soils with Agricultural and Industrial Waste Using Light Gradient Boosting Machine," *Journal of Science and Transport Technology*, pp. 1–9, Sep. 2021, doi: 10.58845/JSTT.UTT.2021.EN.1.1.1-9.
- [47] A. J. Chumpitaz De Las Casas and A. J. Pérez Tippe, "Incorporación de cal y ceniza de madera para el mejoramiento de la sub rasante en el distrito de Mala – Cañete 2021," *Repositorio Institucional - UCV*, 2021, Accessed: Jul. 19, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84015>
- [48] P. Rai *et al.*, "Effect of Fly Ash and Cement on the Engineering Characteristic of Stabilized Subgrade Soil: An Experimental Study," *Geofluids*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/1368194.
- [49] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, "MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS," 2014. [Online]. Available: [www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)
- [50] J. L. Arias Gonzáles and M. Covinos Gallardo, "Diseño y metodología de la investigación," 2021, Accessed: Feb. 24, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>

- [51] H. Ñaupas, M. Valdivia, J. Palacion, and H. Romero, "METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 5TA EDICIÓN." Accessed: Feb. 24, 2023. [Online]. Available: <https://www.yumpu.com/es/document/view/65746076/metodologia-de-la-investigacion-5ta-edicion>


**Anexo 1. ACTA DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo **Heredia Llatas Flor Delicia** docente del curso de **Investigación I** del Programa de Estudios de **ingeniería Civil** y revisor de la investigación del (los) estudiante(s), Guerrero Tineo Flavio Alonso, Velez Mendoza Diego Antonio, titulada:

**ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO UTILIZANDO CAL, CENIZA DE ASERRÍN Y POLVO DE LADRILLO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS**

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **17%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN. Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación en la Universidad Señor de Sipán S.A.C., aprobada mediante Resolución de Directorio N° 145-2022/PD-USS.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

Heredia Llatas Flor Delicia	DNI: 41365424	
-----------------------------	---------------	---

Pimentel, 23 de diciembre de 2023


## Anexo 2. ACTA DE APROBACION DEL ASESOR



### ACTA DE APROBACIÓN DEL ASESOR

Yo Oblitas Gástelo Boris Enrique quien suscribe como asesor designado mediante Resolución de Facultad N°0385-2024/FIAU-USS del proyecto de investigación titulado ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMERICO USANDO CAL, CENIZA DE ASERRIN Y POLVO DE LADRILLO EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS, desarrollado por los estudiantes: Guerrero Tineo Flavio Alonso, Vélez Mendoza Diego Antonio del programa de estudios de Ingeniería Civil , acredito haber revisado, y declaro expedito para que continúe con el trámite pertinentes.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Mg. Ing Oblitas Gástelo Boris Enrique	DNI 42094376	
---------------------------------------	-----------------	--

Pimentel, 10 de octubre de 2024.

### Anexo 3. SOLICITUD DE ENVIO DE ARTICULO A REVISTA

27/8/24, 15:57

Correo de Universidad Señor de Sipan - IGTJ-D-24-00426 - Submission Notification to co-author - [EMID:becccd1f9c07d2ce]



FLAVIO ALONSO GUERRERO TINEO <gtineoflavioalo@uss.edu.pe>

#### IGTJ-D-24-00426 - Submission Notification to co-author - [EMID:becccd1f9c07d2ce]

1 mensaje

Indian Geotechnical Journal (IGTJ) <em@editorialmanager.com>

17 de junio de 2024, 10:57

Responder a: "Indian Geotechnical Journal (IGTJ)" <swathi.venkatesan@springer.com>

Para: Flavio Alonso Guerrero Tineo <gtineoflavioalo@uss.edu.pe>

Re: "EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDY USING LIME, SAWDUST ASH AND BRICK DUST FOR THE STABILIZATION OF EXPANSIVE SOILS: A CASE PERUVIAN"

Full author list: Flavio Alonso Guerrero Tineo; Diego Antonio Velez Mendoza; Juan Martin Garcia Chumacero

Dear Bachelor Guerrero Tineo,

We have received the submission entitled: "EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDY USING LIME, SAWDUST ASH AND BRICK DUST FOR THE STABILIZATION OF EXPANSIVE SOILS: A CASE PERUVIAN" for possible publication in Indian Geotechnical Journal, and you are listed as one of the co-authors.

The manuscript has been submitted to the journal by Dr. Engeneer Juan Martin Garcia Chumacero who will be able to track the status of the paper through his/her login.

If you have any objections, please contact the editorial office as soon as possible. If we do not hear back from you, we will assume you agree with your co-authorship.

Thank you very much.

With kind regards,

Springer Journals Editorial Office  
Indian Geotechnical Journal

This letter contains confidential information, is for your own use, and should not be forwarded to third parties.

Recipients of this email are registered users within the Editorial Manager database for this journal. We will keep your information on file to use in the process of submitting, evaluating and publishing a manuscript. For more information on how we use your personal details please see our privacy policy at <https://www.springernature.com/production-privacy-policy>. If you no longer wish to receive messages from this journal or you have questions regarding database management, please contact the Publication Office at the link below.

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/igtj/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

← Envíos en proceso para el autor

Página 1 de 1 (1 envío en total)

Acción	Número de manuscrito	Título	Fecha inicial de envío	Situación a la fecha	Estado actual
Ver envío	IGT-23-00478	ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO UTILIZANDO CAL CENIZA DE ASERRÍN Y POLVO DE LADRILLO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS - UN CASO PERUANO	17 de junio de 2024	17 de junio de 2024	Envío a la revista

Página 1 de 1 (1 envío en total)



## Anexo 4. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Población y muestra	Enfoque	Tipo	Diseño	Nivel	Técnicas e Instrumentos
¿De qué manera influye la cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de los suelos expansivos?	<b>Objetivo General:</b>  Evaluar de qué manera influye el estudio experimental y numérico utilizando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos	<b>Hi:</b> La adición conjunta del 6% de cal, 10% de ceniza de aserrín y el 15% de polvo de ladrillo incrementan las propiedades mecánicas del suelo expansivo .  <b>Ho:</b> La adición conjunta del 6% de cal, 10% de ceniza de aserrín y el 15% de polvo de ladrillo no incrementan las propiedades mecánicas del suelo expansivo .	<b>Variable Independiente:</b>  Cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo  <b>Variable Dependiente:</b>  Estabilización de suelos expansivos.	<b>Población:</b>  Conformada por cuatro tipos de muestras, la muestra del suelo sin la adición de las variables y las muestras con la adición, en porcentaje, de cal (6%), ceniza de aserrín (8%, 10% y 12%) y el polvo de ladrillo (10%, 15% y 20%).	Cuantitativo	Aplicada	Experimental	Cuasiexperimental	<b>Técnicas:</b>  Observación.  Revision documental.
	<b>Objetivos Específicos:</b>  Determinar las características físicas del suelo natural.  Determinar las características y mecánicas del suelo natural con la combinación de 6% de cal, 8%, 10% y 12% de ceniza de aserrín y 10%, 15% y 20% de polvo de ladrillo.  Realizar el análisis económico de la muestra optima y establecer una comparativa con un método tradicional de estabilización de suelos.  Realizar un modelo numérico utilizando la muestra convencional y la muestra optima de estabilización			<b>Muestra:</b>  Conformada por 24 muestras de suelo que permitirán realizar los ensayos necesarios. Se realizarán 12 ensayos de Proctor modificado y 12 ensayos de California Bearing Ratio (CBR),					<b>Instrumentos:</b>  Ficha de recojo de informacion.

### Anexo 5. MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Estabilización de suelos	Está relacionado a mejorar las propiedades mecánicas del suelo, agregando algún aditivo.	Se va a obtener la estabilización de suelos mediante ensayos de laboratorio para evaluar la mejora de las propiedades del suelo	Proctor Modificado	Densidad Máxima Seca	gr/cm <sup>3</sup>	Análisis de Laboratorio, Ficha de recopilación de información	gr/cm <sup>3</sup>	Dependent	Intervalo
			CBR	Contenido de humedad óptimo	%		Capacidad portante del suelo		
Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Cenizas de aserrín	Incineración del residuo que se genera durante el proceso de aserrado de la madera.	El aserrín será quemado en un horno a diferentes temperaturas.	Dosificación	Temperatura de incineración	de °C	Ficha de recopilación de información	°C	Independiente	Intervalo
				Porcentajes de adición	%	Ficha de recopilación de información	%		
Polvo ladrillo	Material granular procedente del proceso de trituración de ladrillos de arcilla.	El polvo será obtenido mediante la trituración de ladrillos de arcilla, para posteriormente ser tamizado.	Dosificación	Porcentaje óptimo de adición	%	Análisis de Laboratorio	%	Independiente	Intervalo
				Porcentajes de adición	%	Ficha de recopilación de información	%		
Cal	Proveniente de la calcinación de la piedra caliza		Dosificación	Porcentajes de adición	%	Ficha de recopilación de información	%	Independiente	Intervalo
				Porcentaje óptimo de adición	%	Análisis de Laboratorio	%		



## Anexo 6. FICHA TECNICA DE CAL



### SOLUTIONS & TRADING S.A.C.

Fabricación de Productos para Limpieza Pública, Industria, y Minería.  
Agregados para la Construcción, Pinturas y Artículos de Ferrería en General

#### Ficha Técnica: Cal de Obra "HADES"

Sku Promart: 16863

Sku Proveedor: KRL29

Departamento: Agregados

Descripción del Producto: Cal de Obra bolsa x 20 kg.

#### Descripción:

Composición: Hidróxido de calcio 10 – 12 %

#### Características:

Aspecto	:	Polvo granulado
Color	:	Variable de un blanco humo a grisáceo
Olor	:	Inodoro
Formula química	:	Ca(OH) <sub>2</sub>
Pureza	:	10 % a 12 %

#### Usos:

- Demarcación de terrenos.
- Regulación de pH y fungicidas en suelos agrícolas.
- Desinfección de silos y rellenos sanitarios.

#### Almacenaje:

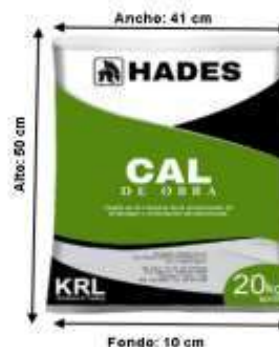
12 meses en lugares frescos, limpios y bajo techo.

#### Precauciones:

Evitar el contacto con los ojos, en caso contrario lávese con abundante agua, durante 10 minutos manteniendo los ojos abiertos, después consulte con su médico.

#### Aviso:

La presente información es proporcionada en base a la experiencia de KRL SOLUTIONS & TRADING SAC, siempre que los productos sean adecuadamente manipulados, almacenados y transportados. En la práctica los productos muchas veces son utilizados en función de la experiencia y asesoría que pueda recibir el usuario, por lo que no se puede deducir ninguna garantía respecto a la adaptabilidad del producto a un fin en particular. Cualquier duda o consulta con nuestro Dpto. Técnico.



## Anexo 7. ANALISIS DE COSTOS DE MUESTRA OPTIMA

Tabla XVIII Analisis de precios unitario de dosificacion optima

Partida	ESTABILIZACION DE SUELOS CON CAL, CENIZA DE ASERRIN Y POLVO DE LADRILLO				
Rendimiento	m3/dia MO. 450.00 EQ.450.00				<b>292.12</b>
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
OPERARIO	hh	1.0000	0.018	28.38	0.50
OFICIAL	hh	1.0000	0.018	22.32	0.40
PEON	hh	6.0000	0.107	20.21	2.16
					<b>3.06</b>
<b>MATERIALES</b>					
CAL	kg		82.62	0.73	60.63
CENIZA DE ASERRIN	kg		137.70	0.75	103.28
POLVO DE LADRILLO	kg		206.66	0.53	109.47
					<b>273.38</b>
<b>EQUIPOS</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.00%	3.06	0.09
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 145-165 HP	hm	1.0000	0.018	206.60	3.67
CARGADOR FRONTAL 100-115 HP	hm	1.0000	0.018	215.25	3.83
RODILLO LISO VIBRATORIO 101-135 HP	hm	1.0000	0.018	221.50	3.94
MOTONIVELADORA 125 HP	hm	1.0000	0.018	233.48	4.15
					<b>15.68</b>

## Anexo 8. PANEL FOTOGRAFICO



Extracción de suelo



Probetas de suelo con adición de ceniza de aserrín



Quemado de aserrín



Proceso de ensayo CBR



Mezcla de suelo con agregados



Moldes de CBR previo a ingresar a la poza de curado



Curado de CBR



Penetración de CBR



Copa Casagrande



Bastones de suelo para limites



Muestra de suelo para ensayo de Proctor Modificado



Molde de Proctor modificado



## Anexo 9. INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS



### **DECLARACIÓN JURADA**

Quien suscribe:

Ing. SECUNDINO BURGA FERNÁNDEZ

Representante legal – **SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C**

Por el presente, el que suscribe Ing. SECUNDINO BURGA FERNÁNDEZ, representante legal de la empresa **SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C**, declaro que los ensayos de laboratorio se han realizado en concordancia con las Normas Técnicas y Estándares establecidos por parte del personal técnico y profesional para el trabajo de investigación denominado "**ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO USANDO CAL, CENIZA DE ASERRIN Y POLVO DE LADRILLO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS**" realizado por los estudiantes Guerrero Tíneo Flavio Alonso identificado con DNI N°72312993 y Velez Mendoza Diego Antonio identificado con DNI N°74808982.

Chiclayo, 22 de diciembre del 2023



SECUNDINO BURGA FERNANDEZ  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 189278

---

Secundino Fernandez Burga  
DNI N° 16449323



**CARTA DE AUTORIZACION PARA LA RECOLECCION DE LA  
INFORMACIÓN**

Chiclayo, 22 de diciembre del 2023

**Quien suscribe:**

Ing. SECUNDINO BURGA FERNÁNDEZ

Representante legal – **SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C**

**AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación denominado "ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO USANDO CAL, CENIZA DE ASERRIN Y POLVO DE LADRILLO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS"**


Por el presente, el que suscribe, Ing. SECUNDINO BURGA FERNÁNDEZ, representante legal de la empresa SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C, **AUTORIZO** a los estudiantes Guerrero Tineo Flavio Alonso con DNI N°72312993 y Velez Mendoza Diego Antonio con DNI N°74808982, estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN y autores del trabajo de investigación denominado **"ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO USANDO CAL, CENIZA DE ASERRIN Y POLVO DE LADRILLO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS"** para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para la obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información aceptada.

Atentamente.

  
SECUNDINO BURGA FERNANDEZ  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 188278

Secundino Fernandez Burga  
DNI N° 16449323

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Referencia: Al Costado de la Quinta Orellana Prolongación Bolognesi) – Chiclayo. Telf. (074) 621259, RPM 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios.lab20@gmail.com

Búscanos en Facebook:  Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

Pág. Web: [www.emplaboratorios.com](http://www.emplaboratorios.com)

# Certificado



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

## **SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

### **Laboratorio de Ensayo**

En su sede ubicada en: Av. Vicente Ruso Lote 1 fundo El Cerrito, distrito y provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque

Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**  
Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 14 de febrero de 2023  
Fecha de Vencimiento: 13 de febrero de 2026



Firmado digitalmente por **AGUILAR RODRIGUEZ Lisa Patricia EAD 2060303015 gov**.  
Fecha: 2023.02.13 10:07:00 AM  
Módulo: Soy el Autor del Documento

**PATRICIA AGUILAR RODRIGUEZ**  
Directora (d.L.), Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 27 de febrero de 2023

Cédula: N° 045-2023-INACAL/DA  
Contrato N°: 006-2023/INACAL/DA  
Registro N°: LE-203



El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y célula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gov.pe/acreditacion/categorias/acreditadas](http://www.inacal.gov.pe/acreditacion/categorias/acreditadas). No a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.  
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter-American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Múltiple con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 03





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 203



INFORME DE ENSAYO S23-649

PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acemín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos"	FECHA DE MUESTREO (**):	14-11-2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**):	-
CLIENTE (**)	: Diego Antonio Vélaz Mendoza, Guerrero Timeo Flavio Alonso	MUESTREADO POR (**):	-
MATERIAL (**)	: Arcilla de alta plasticidad	FECHA DE RECEPCION:	14-11-2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: Calicata: C-01, muestra : M-01	FECHA DE ENSAYO:	14-11-2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISION:	14-12-2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-3951		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. (\*\*\*)  
NTP 339.127:1998 (revisada el 2019)

Especimen de ensayo	Contenido de humedad reportado +- 1%
---------------------	--------------------------------------

Condiciones ambientales de ensayo	Temperatura	22.2 °C
	Humedad	75.0%

Numero del contenedor	04
Masa del contenedor, g, $M_c$	182.2
Masa del contenedor + masa de muestra húmeda, g, $M_{ce}$	1 495.9
Fecha (inicio de ensayo)	14/11/2023
Masa del contenedor inicial + masa de muestra seca al horno, g	1504.3
Fecha (fuera del horno)	15/11/2023
Masa del contenedor secundario + masa de muestra seca al horno, g	1275.1
Masa del contenedor final + masa de muestra seca al horno, g, $M_{cs}$	1275.1
Masa de agua, g, $M_w = M_{ce} - M_{cs}$	220.8
Masa de las partículas sólidas, g, $M_p = M_{cs} - M_c$	1092.9
Contenido de humedad, %, $W = (M_w / M_p) * 100$	20
Simbolo de grupo de clasificación de suelo unificado (visual)	CH
Tamaño máximo aproximado de partícula (visual)	N° 4

Equipamiento	Balanza	BAL-27
	Horno	HOR-04

Observaciones del ensayo:

- \* Muestra alterada
- \* Horno controlado a : 110 ± 5 °C
- \* Exclusión de algún material : No
- \* Más de un tipo de material : No
- \* Cumple con la masa mínima requerida : Si

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Burga Fernández  
REG. S.T.A. 141278

Autorizado por: Ing. Secundino Burga Fernández

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.
- (\*\*\*) El método indicado ha sido acreditado por el INACAL - DA.





**EMP ASFALTOS**  
Servicios de laboratorios  
de suelos y pavimentos S.A.C.

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 203**



Registro N° LE - 203

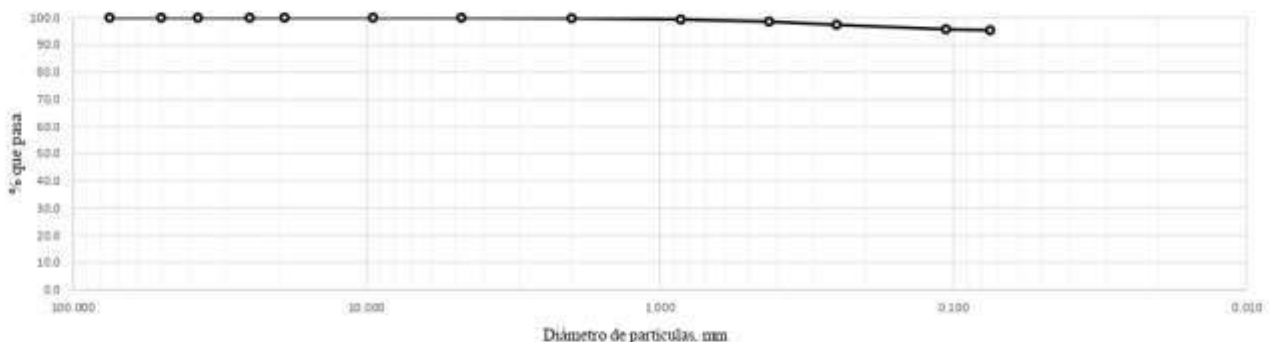
**INFORME DE ENSAYO S23-649**

<b>PROYECTO (**)</b>	Estudio Experimental y Números Contadores Cal. Carretera de Acerca y Puerto de Llorino para la Estabilización de Suelos Expansivos	<b>FECHA DE MUESTREO (**):</b>	14-11-2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**):</b>	-
<b>CLIENTE (**)</b>	Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	<b>MUESTREADO POR (**):</b>	-
<b>MATERIAL (**)</b>	Arcilla de alta plasticidad	<b>FECHA DE RECEPCION:</b>	14-11-2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	Calicata: C-01, muestra: M-01	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	17-11-2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	-	<b>FECHA DE EMISION:</b>	14-12-2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	M23-3951		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	Victor Javier Leiva Fernandez		

**SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. (\*\*\*)  
NTP 339.128:1999 (revisada el 2019)**

Equipamiento	Balanza	BAL-27	Condiciones ambientales de ensayo				Temperatura	22.2 °C
		BAL-70					Humedad	75.0%
Código de Tamices	Tamices	Abertura (mm)	Masa retenida, g	Retenido parcial, %	Retenido acumulado, %	Porcentaje que pasa, %	Descripción	
							<b>1. Masa de material</b>	
							Masa inicial total, g 657.6	
M-3-03	3 in.	75.000					Masa fracción fina para lavar, g 657.6	
							<b>2. Descripción</b>	
M-1 1/2-09	1 1/2 in.	37.500					Tamaño máximo No. 4	
M-1-09	1 in.	25.000					Tamaño máximo nominal No. 10	
M-3/4-12	3/4 in.	19.000					Bloques (>300 mm), % --	
M-3/8-08	3/8 in.	9.500					Bolones (75 mm - 300mm), % --	
							Grava, % 0.0	
							Arena, % 4.6	
M-4-15	No. 4	4.750				100.0	Finos (%) 95.4	
							<b>3. Características</b>	
M-10-09	No. 10	2.000	1.47	0.2	0.2	99.8	Diámetro efectivo D <sub>60</sub> (mm) 0.00	
M-20-11	No. 20	0.850	2.92	0.4	0.7	99.3	Diámetro efectivo D <sub>10</sub> (mm) 0.00	
M-40-10	No. 40	0.425	5.32	0.8	1.5	98.5	Diámetro efectivo D <sub>40</sub> (mm) 0.00	
							Coeficiente de uniformidad (Cu) --	
M-60-05	No. 60	0.250	7.49	1.1	2.6	97.4	Coeficiente de curvatura (Cc) 0.00	
							<b>4. Observaciones del ensayo:</b>	
M-140-02	No. 140	0.106	10.77	1.6	4.3	95.8	Muestra alterada	
							Cumple con la masa mínima requerida: si	
M-200-15	No. 200	0.075	2.43	0.4	4.6	95.4		
	Cazoleta		0.18					

**CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Barga Fernández  
REG. C. 151228

Autorizado por: Ing. Secundino Barga Fernández

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.
- (\*\*\*) El método indicado ha sido acreditado por el INACAL - DA.

A: Vicente Riso Lote 1 S/N - Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
servicios\_lab@hotmail.com/servicios\_lab20@gmail.com  
www.emp-asfaltos.com





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 203



INFORME DE ENSAYO S23-649

PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**):	14-11-2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**):	-
CLIENTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	MUESTREADO POR (**):	-
MATERIAL (**)	: Arcilla de alta plasticidad	FECHA DE RECEPCION:	14-11-2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: Calcata: C-01, muestra: M-01	FECHA DE ENSAYO:	17-11-2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISION:	14-12-2023
CODIGO ÚNICO	: M23-3951		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

SUELOS, Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos, 1ª Edición (\*\*\*)  
NTP 339.129:1999 (revisada el 2019)

Especimen de ensayo:	Preparación húmeda
	Mezclado en capsula y partículas de arena renovadas
	Agua destilada

Equipo empleado	Límite líquido	Equipo manual
	Límite Plástico	Rolado manual
	Ramurador casa grande	Plástico

LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO MULTIPUNTO)			
Contenedor, No.	2	27	9
Masa húmeda de suelo + Container, M1 (g)	80.39	45.02	46.33
Masa seca de suelo + Container, M2 (g)	38.56	35.69	36.08
Masa del container, M3 (g)	19.57	20.19	18.41
Contenido de agua, W, (%)	62.30	60.19	58.01
Número de Golpes	16	24	35

Equipamiento	Balanza	BAL-70
	Horno	HOR-04
	Copa casa grande	CCG-06
	Ramurador	RCCG-09

Condiciones ambientales de ensayo	Temperatura	22.2 °C
	Humedad	75.0%

$w = \frac{(M1-M2)}{(M2-M3)} * 100$

LÍMITE PLÁSTICO		
Contenedor, No.	8	20
Masa húmeda de suelo + Container, M1 (g)	15.60	15.32
Masa seca de suelo + Container, M2 (g)	13.28	13.05
Masa del container, M3 (g)	5.62	5.60
Contenido de agua, W, (%)	30.29	30.47

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite líquido	60
Límite plástico	30
Índice plástico	30

$w = \frac{(M1-M2)}{(M2-M3)} * 100$

- Observaciones del ensayo
- \* Masa retenida tamiz N°40 (%) : 1.5
  - \* Humedad de recepción : 20
  - \* Tamaño máximo de partículas : No. 4
  - \* Clasificación según carta de plasticidad : CH



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Burga Fernández  
REG. CTR. 119278

Autorizado por: Ing. Secundino Burga Fernandez

\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
\* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
\* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
(\*\*) Datos proporcionados por el cliente.  
(\*\*\*) El método indicado ha sido acreditado por el INACAL - DA.





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 203



INFORME DE ENSAYO S23-649

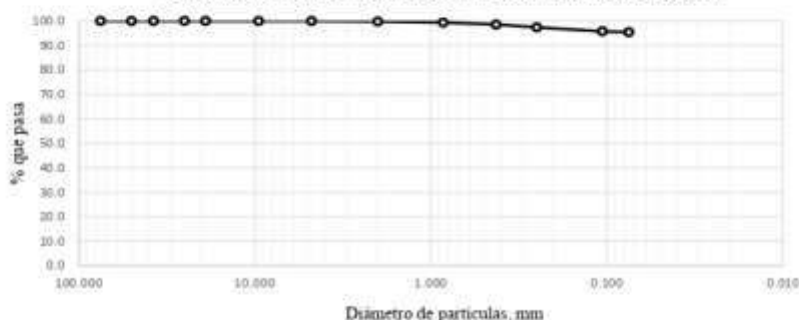
PROYECTO (**)	"Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Cema de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**): 14-11-2023
UBICACIÓN (**)	Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**): -
CLIENTE (**)	Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	MUESTREADO POR (**): -
MATERIAL (**)	Arcilla de alta plasticidad	FECHA DE RECEPCION: 14-11-2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	Calicata: C-01, muestra: M-01	FECHA DE ENSAYO: 15-11-2023
COORDENADAS (**)	-	FECHA DE EMISION: 14-12-2023
CÓDIGO ÚNICO	M23-3951	
TECNICO ENCARGADO	-	

SUELOS, Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS), 1ª Edición (NTP 339.134:1999 (revisada el 2019)) (\*\*\*)

SUELOS, Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte, 1ª Edición (NTP 339.135:1999 (revisada el 2019)) (\*\*\*)

Código de Tamices	Tamices	Abertura (mm)	Masa retenida, g	Retenido parcial, %	Retenido acumulado, %	Porcentaje que pasa, %	Descripción
							<b>1. Masa de material</b>
							Masa inicial total, g 658
M-3-03	3 in.	75.000					Masa fracción fina para lavar, g 658
							<b>2. Descripción</b>
M-1 1/2-09	1 1/2 in.	37.500					Tamaño máximo No. 4
M-1-09	1 in.	25.000					Tamaño máximo nominal No. 10
M-3/4-12	3/4 in.	19.000					Bloques (>300 mm), % --
M-3/8-08	3/8 in.	9.500					Bolones (75 mm - 300mm), % --
							Grava, % 0.0
							Arena, % 4.6
M-4-15	No. 4	4.750				100.0	Finos (%) 95.4
M-10-09	No. 10	2.000	1.5	0.2	0.2	99.8	
M-20-11	No. 20	0.850	2.9	0.4	0.7	99.3	<b>3. Limite liquido, limite plástico, e indice de plasticidad</b>
M-40-10	No. 40	0.425	5.3	0.8	1.5	98.5	Limite liquido 60
M-60-05	No. 60	0.250	7.5	1.1	2.6	97.4	Limite plástico 30
M-140-02	No. 140	0.106	10.8	1.6	4.3	95.8	Indice de plasticidad 30
M-200-15	No. 200 Cazoleta	0.075	2.4 0.2	0.4	4.6	95.4	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS  
NTP 339.134:1999 (revisada el 2019)

CH

Clasificación de suelos para uso en vías, AASHTO  
NTP 339.135:1999 (revisada el 2019)

A-7-5 (20)

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente
- (\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.

Autorizado por:  
Ing. Secundino Burga Fernandez

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Burga Fernandez  
REG. STA. 110278







**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 203**



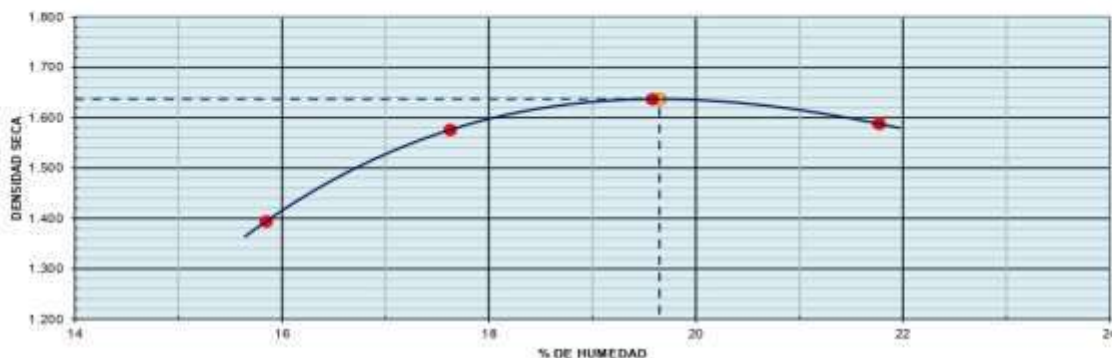
**INFORME DE ENSAYO S23-649**

<b>PROYECTO (**)</b>	: Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acero y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>CLIENTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Arcilla de alta plasticidad	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14/11/2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: Calicata: C-01, muestra : M-01	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 17/11/2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-3951		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez		

**SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2.700 kN·m/m³ (56.000 pie·lb/ft³)). 1ª Edición (\*\*\*)**  
**NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)**

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volumen del molde (cm³)	918	PESO DEL MOLDE (g)		4198	METODO	A
Número de ensayos		1	2	3	4	
Peso molde + molde (g)		5680	5900	5995	5973	
Peso suelo húmedo compactado (g)		1482	1702	1797	1775	
Peso volumétrico húmedo		1.614	1.854	1.958	1.934	
Contenido de humedad						
Número de recipiente		1	2	3	4	
Peso suelo húmedo + tara (g)		621.4	647.8	614.5	678.4	
Peso suelo seco + tara (g)		558.3	577.9	542.8	589.7	
Peso de la tara (g)		160.1	181.3	176.6	182.2	
Peso de agua (g)		63.1	69.9	71.7	88.7	
Peso de suelo seco (g)		398.2	396.6	366.2	407.5	
Contenido de agua		15.85	17.62	19.58	21.77	
Peso volumétrico seco		1.394	1.576	1.637	1.588	
Densidad máxima seca	1.637	g/cm³		Humedad óptima	19.65	%

**GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD**



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Segundo Piso, Edificio  
 REG. 018 18278



Revisado y aprobado.

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.
- (\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.

Av. Vicente Russo Lote 1 S/N - Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 servicios\_lab@hotmail.com/servicios\_lab20@gmail.com  
 www.emp-asfaltos.com

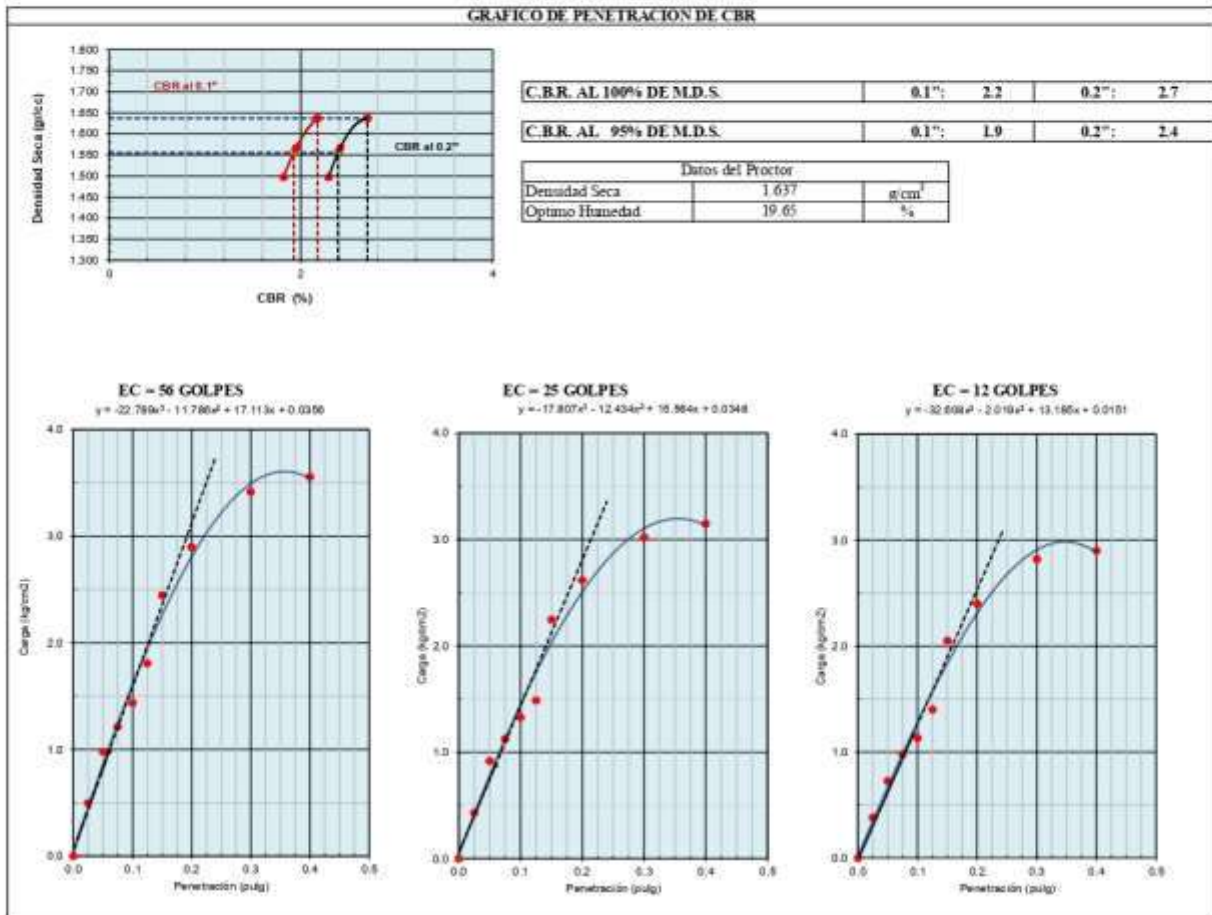


**INFORME DE ENSAYO 523-640**

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>CLIENTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	<b>MUESTREO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Arcilla de alta plasticidad	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14/11/2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: Calicata C-01, muestra M-01	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 15/11/2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-3951		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez		

**SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*)**  
NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
BOULEVARD BARRIO LOS ANDES  
M.C. 074 112278

Revisado y aprobado.



\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
\* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
\* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
(\*\*) Datos proporcionados por el cliente.  
(\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.



**EMP ASFALTOS**  
Servicios de laboratorios  
de suelos y pavimentos S.A.C.

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 203**



Registro N° LE - 203

**INFORME DE ENSAYO 523-649**

**PROYECTO (\*\*)** : "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".

**UBICACIÓN (\*\*)** : Chiclayo - Lambayeque

**CLIENTE (\*\*)** : Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso

**MATERIAL (\*\*)** : Arcilla de alta plasticidad

**CODIGO DE MUESTRA (\*\*)** : Calicata: C-01, muestra : M-01

**COORDENADAS (\*\*)** : -

**CÓDIGO ÚNICO** : M23-3951

**TECNICO ENCARGADO** : Victor Javier Leiva Fernandez

**FECHA DE MUESTREO (\*\*)** : 14/11/2023

**HORA DE MUESTREO (\*\*)** : -

**MUESTREADO POR (\*\*)** : -

**FECHA DE RECEPCION** : 14/11/2023

**FECHA DE ENSAYO** : 15/11/2023

**FECHA DE EMISION** : 14/12/2023

**SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo. 1ª Edición (\*\*\*)**  
NTP 339.131:1999 (revisada el 2019)

DATOS DEL ENSAYO		
1	Temperatura de ensayo Tt (°C)	27.6
2	Densidad del agua a la temperatura de ensayo pw,t (g/mL)	0.9964
3	Masa del picnómetro, Mp (g)	199.21
4	Volumen del picnómetro, Vp (mL)	499.80
5	Masa del picnómetro + agua + suelo seco, Mpws,t (g)	760.17
6	Masa del suelo seco, Ms (g)	105.0
7	Masa del picnómetro + agua, Mpw,t (3+(4x2)) (g)	697.2
8	Gravedad específica a la temperatura de ensayo, Gt, (6/(7-(5-6)))	2.499
9	Factor de corrección por temperatura, K	0.9981
10	Gravedad específica a 20°C, (8x9)	2.494

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
SUCURSAL CHICLAYO, PERÚ  
RUC: 20487357465



Revisado y aprobado.

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son validas sin la autoeización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado unica y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.
- (\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 203



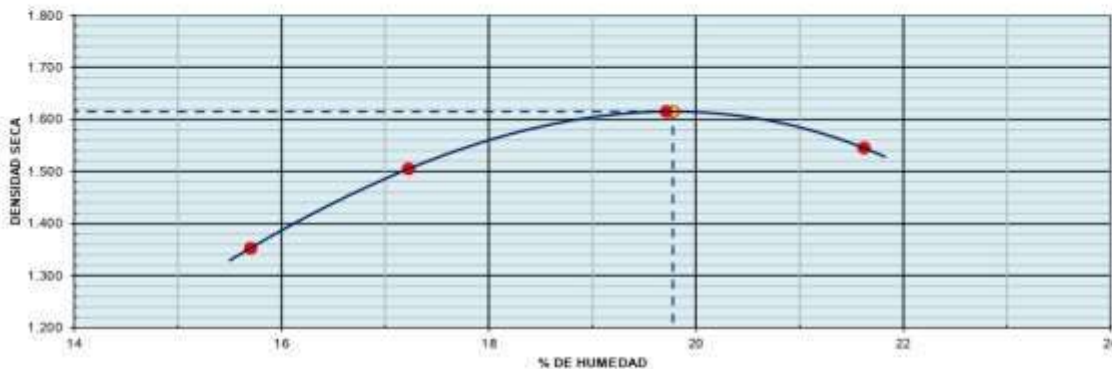
INFORME DE ENSAYO S23-642

PROYECTO (**)	"Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Establización de Suelos Expansivos"		
UBICACIÓN (**)	Chiclayo - Lambayeque		
CLIENTE (**)	Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	FECHA DE MUESTREO (**)	14/11/2023
MATERIAL (**)	Arcilla de alta plasticidad	HORA DE MUESTREO (**)	-
CODIGO DE MUESTRA (**)	Calicata: C-01, muestra: M-01	MUESTREADO POR (**)	-
COORDENADAS (**)	-	FECHA DE RECEPCION	14/11/2023
CÓDIGO ÚNICO	M23-3951	FECHA DE ENSAYO	17/11/2023
TECNICO ENCARGADO	Victor Javier Leiva Fernandez	FECHA DE EMISION	14/12/2023

SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN·m/m³ (56 000 pie·lb/ pie³)). 1ª Edición (\*\*\*)  
NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volumen del molde (cm³)	918	PESO DEL MOLDE (g) :		4198	METODO	A
Número de ensayos	1	2	3	4		
Peso molde + molde (g)	5635	5818	5973	5923		
Peso suelo húmedo compactado (g)	1437	1620	1775	1725		
Peso volumétrico húmedo	1.565	1.765	1.934	1.879		
Contenido de humedad						
Número de recipiente	1	2	3	4		
Peso suelo húmedo + tara (g)	589.4	634.1	652.4	642.3		
Peso suelo seco + tara (g)	525.1	563.3	568.4	555.6		
Peso de la tara (g)	115.6	152.3	142.3	154.6		
Peso de agua (g)	64.3	70.8	84.0	86.7		
Peso de suelo seco (g)	409.5	411.0	426.1	401.0		
Contenido de agua	15.70	17.23	19.71	21.62		
Peso volumétrico seco	1.353	1.505	1.615	1.545		
Densidad máxima seca	1.615	g/cm³	Humedad óptima	19.78	%	

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Berrón Fernández  
REG. 518 189278



Revisado y aprobado.

\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
\* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
\* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
(\*\*) Datos proporcionados por el cliente  
(\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.

**INFORME DE ENSAYO 523-649**

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acero y Polvo de Lafalga Para La Estabilización de Suelos Expansivos"	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>CLIENTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tameo Flavio Alonso	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Arcilla de alta plasticidad	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14/11/2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: Calicata: C-01, muestra : M-01	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 15/11/2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-3951		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez		

**SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*\*)  
NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)**

DATOS DE ENSAYO						
<b>Densidad volumétrica</b>						
N° de molde	6		34		11	
N° capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	11985	11996	11412	11467	12034	12137
Peso de molde	7912	7912	7532	7532	8299	8299
Peso de suelo húmedo	4073	4084	3880	3935	3735	3838
Volumen del molde	2124	2124	2113	2113	2134	2134
Densidad húmeda	1.918	1.923	1.836	1.862	1.750	1.808
% de humedad	18.75	19.81	18.84	21.33	18.66	23.42
Densidad seca	1.613	1.603	1.543	1.535	1.475	1.465
<b>Contenido de humedad</b>						
N° de tarro	-	-	-	-	-	-
Tarro + suelo húmedo	524.3	524.3	532.5	532.5	553.8	553.8
Tarro + suelo seco	441.5	437.6	448.1	438.9	466.7	448.7
Peso de agua	82.8	86.7	84.4	93.6	87.1	105.1
Peso de tarro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	441.5	437.6	448.1	438.9	466.7	448.7
% de humedad	18.75	19.81	18.84	21.33	18.66	23.42

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
15/11/23	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
16/11/23	14:30	22	158.0	4.01	3.5	166.0	4.22	3.7	170.0	4.32	3.8
17/11/23	14:30	42	172.0	4.37	3.8	176.0	4.47	3.9	180.0	4.57	4.0
18/11/23	14:30	65	181.0	4.60	4.0	187.0	4.75	4.1	197.0	5.00	4.4
19/11/23	14:30	95	208.0	5.28	4.6	119.0	3.02	2.6	230.0	5.84	5.1

Penetración	Carga Stand	Molde N° 6					Molde N° 34					Molde N° 11				
		Carga		Corrección			Carga		Corrección			Carga		Corrección		
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	mm	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	mm	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	mm	%
0.000		0	0			0	0				0	0				
0.025		11.3	1			8.7	0				8.8	0				
0.050		20.3	1			15.3	1				9.3	0				
0.075		29.6	1			19.1	1				13.4	1				
0.100		39.4	1	1.6	2.3	23.9	1	1.3	1.9		18.4	1	1.2	1.8		
0.125		48.4	2			30.2	2				26.8	1				
0.150		58.3	2			40.6	2				35.1	2				
0.200	101.1	88.3	3	3.1	3.6	60.7	3	2.3	2.4		42.4	2	2.4	2.3		
0.300		124	4			83.4	3				56.4	3				
0.400		160.4	4			107.3	3				74.2	3				
0.500		202.5	5			130.1	3				90.0	3				

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Servicios de laboratorios de suelos y pavimentos S.A.C.  
RUC: 20487357465

Revisado y aprobado



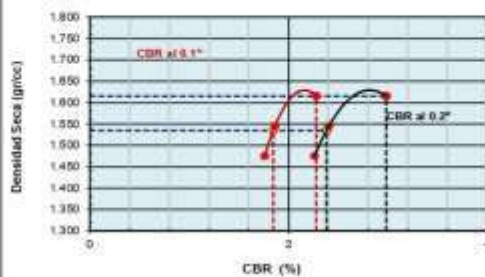
\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
\* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
\* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
(\*\*) Datos proporcionados por el cliente.  
(\*\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA

**INFORME DE ENSAYO S23-649**

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerra y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos"	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>CLIENTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Arcilla de alta plasticidad	<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 14/11/2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: Calicata: C-01, muestra: M-01	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 15/11/2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISIÓN</b>	: 14/12/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-3951		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez		

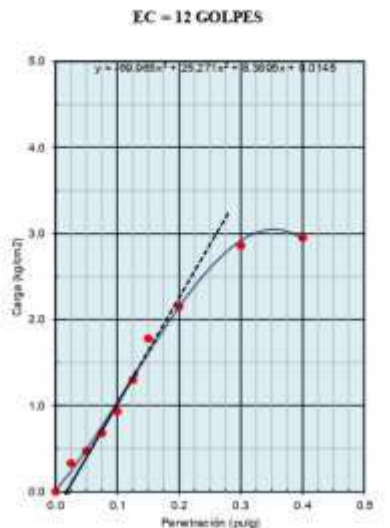
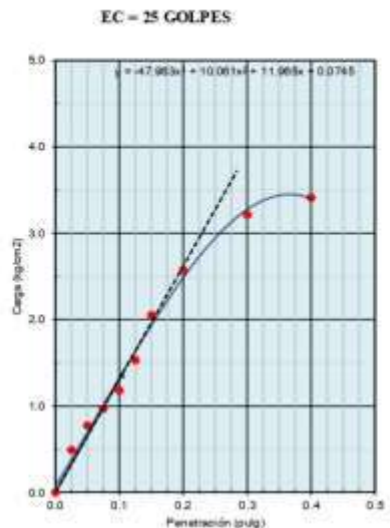
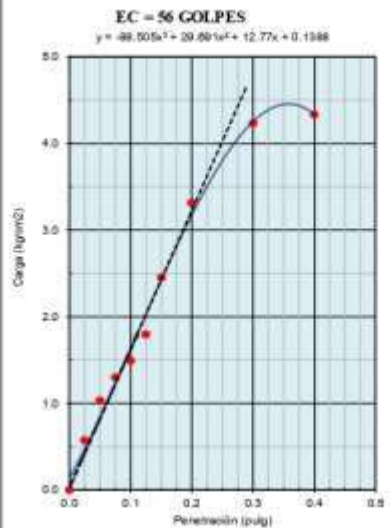
**SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición. (\*\*\*)**  
NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S.</b>	<b>0.1":</b>	<b>2.3</b>	<b>0.2":</b>	<b>3.0</b>
<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S.</b>	<b>0.1":</b>	<b>1.8</b>	<b>0.2":</b>	<b>2.4</b>

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.615	g/cm <sup>3</sup>
Optimo Humedad	19.78	%



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Sancarlos, Víctor Ferrnández  
R.C. - 01112278

Revisado y aprobado



\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
\* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
\* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
(\*\*) Datos proporcionados por el cliente.  
(\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 203**



**INFORME DE ENSAYO S23-649**

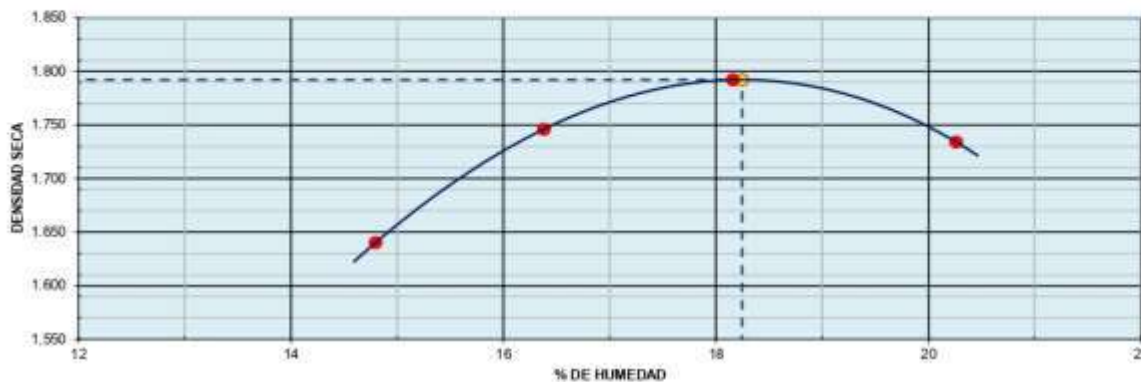
**PROYECTO (\*\*)** : "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos"  
**UBICACIÓN (\*\*)** : Chiclayo - Lambayeque  
**CLIENTE (\*\*)** : Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso  
**MATERIAL (\*\*)** : Arcilla de alta plasticidad  
**CODIGO DE MUESTRA (\*\*)** : Calicata: C-01, muestra: M-01  
**COORDENADAS (\*\*)** : -  
**CÓDIGO ÚNICO** : M23-3951  
**TECNICO ENCARGADO** : Victor Javier Leiva Fernandez

**FECHA DE MUESTREO (\*\*)** : 14/11/2023  
**HORA DE MUESTREO (\*\*)** : -  
**MUESTREADO POR (\*\*)** : -  
**FECHA DE RECEPCION** : 14/11/2023  
**FECHA DE ENSAYO** : 17/11/2023  
**FECHA DE EMISION** : 14/12/2023

**SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN·m/m³ (56 000 pie·lb/(pie³)), 1ª Edición (\*\*\*)**  
**NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)**

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volúmen del molde (cm³)	936	PESO DEL MOLDE (g) :		3818	METODO	A
Número de ensayos		1	2	3	4	
Peso molde + molde (g)		5580	5720	5800	5770	
Peso suelo húmedo compactado (g)		1762	1902	1982	1952	
Peso volumétrico húmedo		1.882	2.032	2.118	2.085	
Contenido de humedad						
Número de recipiente		1	2	3	4	
Peso suelo húmedo + tara (g)		340.6	291.3	277.2	331.2	
Peso suelo seco + tara (g)		296.7	250.3	234.6	275.4	
Peso de la tara (g)		0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua (g)		43.9	41.0	42.6	55.8	
Peso de suelo seco (g)		296.7	250.3	234.6	275.4	
Contenido de agua		14.80	16.38	18.16	20.26	
Peso volumétrico seco		1.640	1.746	1.792	1.734	
Densidad máxima seca:	<b>1.792</b>	g/cm³		Humedad óptima :	<b>18.25</b>	%

**GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD**



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Victor Javier Leiva Fernandez  
 REG. S. N. 115278



Revisado y aprobado.

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.
- (\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.



**INFORME DE ENSAYO S23-649**

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acemín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	
<b>CLIENTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso.	<b>FECHA DE MUESTREO (**):</b> 14/11/2023
<b>MATERIAL (**)</b>	: Arcilla de alta plasticidad	<b>HORA DE MUESTREO (**):</b> -
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: Calicata: C-01, muestra: M-01	<b>MUESTREADO POR (**):</b> -
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 14/11/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-3951	<b>FECHA DE ENSAYO:</b> 17/11/2023
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b> 14/12/2023

**SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*)**

NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

**DATOS DE ENSAYO**

Densidad volumétrica							
N° de molde	10		11		26		
N° capa	5		5		5		
Golpes por capa N°	56		25		12		
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	
Peso molde + suelo húmedo	12004	12054	11872	11988	11375	11555	
Peso de molde	7528	7528	7681	7681	7239	7239	
Peso de suelo húmedo	4476	4526	4191	4307	4136	4316	
Volumen del molde	2118	2118	2065	2065	2123	2123	
Densidad húmeda	2.113	2.137	2.030	2.086	1.948	2.033	
% de humedad	17.92	19.90	17.87	21.84	17.93	23.81	
Densidad seca	1.792	1.782	1.722	1.712	1.652	1.642	
Contenido de humedad							
N° de tarro	-		-		-		
Tarro + suelo húmedo	277.8	277.8	296.8	296.8	363.0	363.0	
Tarro + suelo seco	235.6	231.7	251.8	243.6	307.8	293.2	
Peso de agua	42.2	46.1	45.0	53.2	55.2	69.8	
Peso de tarro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso del suelo seco	235.6	231.7	251.8	243.6	307.8	293.2	
% de humedad	17.92	19.90	17.87	21.84	17.93	23.81	

**Expansión**

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
17/11/23	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
18/11/23	14:30	22	38.9	0.99	0.9	61.3	1.56	1.3	85.5	2.17	1.9
19/11/23	14:30	42	55.3	1.40	1.2	75.4	1.92	1.7	100.4	2.55	2.2
20/11/23	14:30	65	72.4	1.84	1.6	91.4	2.32	2.0	112.1	2.85	2.5
21/11/23	14:30	95	84.5	2.15	1.9	102.4	2.60	2.3	123.1	3.13	2.7

**Penetración**

Penetración	Carga Stand	Molde N° 10				Molde N° 11				Molde N° 26			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		9.2	0			6.0	0			3.2	0		
0.050		13.2	1			11.2	1			7.9	0		
0.075		22.3	1			16.3	1			12.8	1		
0.100	70.3	35.2	2	2.0	2.8	25.3	1	1.5	2.2	18.6	1	1.3	1.8
0.125		48.9	2			36.4	2			26.0	1		
0.150		57.6	3			44.9	2			32.8	2		
0.200	105.5	64.7	3	3.6	3.4	50.6	3	2.9	2.7	41.3	2	2.3	2.2
0.300		80.2	4			64.8	3			50.2	3		
0.400		85.3	4			68.1	3			55.9	3		
0.500		99.4	5			81.5	4			59.9	3		

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
"Secundaria de los Hornos" S.A.C.  
S.A.C. - Chiclayo - Perú

Revisado y aprobado.



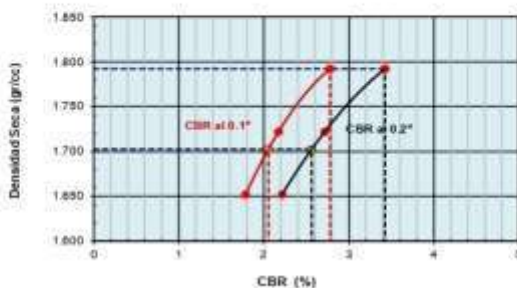
- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.
- (\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.

**INFORME DE ENSAYO S23-649**

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".		
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque		
<b>CLIENTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso.	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>MATERIAL (**)</b>	: Arcilla de alta plasticidad	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: Calicata: C-01, muestra : M-01	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14/11/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-3951	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 17/11/2023
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023

**SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*)  
NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)**

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



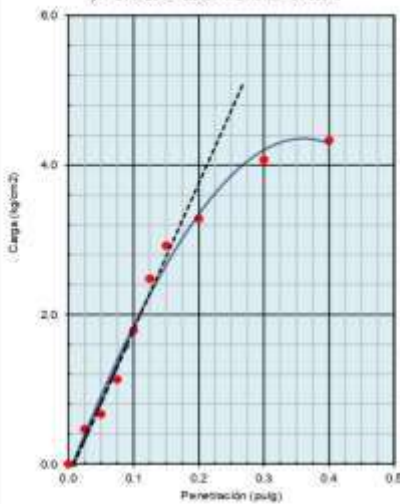
<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S.</b>	<b>0.1"</b>	<b>2.8</b>	<b>0.2"</b>	<b>3.4</b>
---------------------------------	-------------	------------	-------------	------------

<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S.</b>	<b>0.1"</b>	<b>2.1</b>	<b>0.2"</b>	<b>2.6</b>
--------------------------------	-------------	------------	-------------	------------

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.792	g/cm <sup>3</sup>
Optimo Humedad	18.25	%

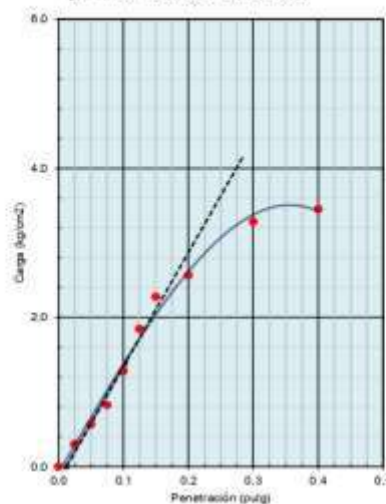
**EC = 56 GOLPES**

$$y = -24.972x^3 - 10.516x^2 + 21.843x - 0.1330$$



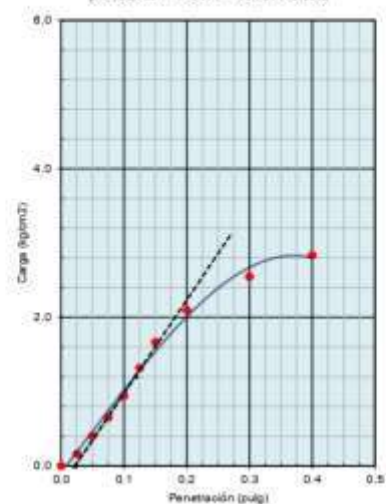
**EC = 25 GOLPES**

$$y = -41.108x^3 + 0.9769x^2 + 14.972x - 0.0006$$



**EC = 12 GOLPES**

$$y = -35.079x^3 + 4.7594x^2 + 10.834x - 0.0902$$



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.S.  
Secundario Víctor Fernández  
M.C. 011 11222

Revisado y aprobado.



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente
- (\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

### INFORME DE ENSAYO S23-747

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso.
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Alterada en saco
<b>CANTIDAD DE MUESTRA (**)</b>	: 10 kg aproximadamente
<b>TIPO DE PRODUCTO</b>	: Suelos
<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 13-11-2023
<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 13-11-2023
<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14-12-2023
<b>SUPERVISOR DE LABORATORIO</b>	: Secundino Burga Fernandez
<b>TECNICO DE LABORATORIO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez
<b>LUGAR DE ENSAYO</b>	: Los ensayos de las muestras se realizaron en las instalaciones de Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC, ubicado en Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Fundo el Cerrito (paralela a la Av. Arequipa intersección con Prolongación Bolognesi) - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque.
<b>MUESTRA Y CONTRAMUESTRA</b>	: * Nuestro laboratorio no ha sido responsable de la etapa de muestreo (el solicitante brindo toda la información). * Tipo de muestra, alterada en saco. * La contramuestra se almacenará, por un periodo de 15 días.
<b>OTROS (**)</b>	:

#### NOTA :

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.

(\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



Autorizado por:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Burga Fernández  
REG. COT. 140278

Ing. Secundino Burga Fernandez

**INFORME DE ENSAYO 823-747**

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerra y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 13-11-2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 8% Ceniza de Acerra + 10% Polvo de Ladrillo	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 13-11-2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 14-11-2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14-12-2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-4474		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez		

**SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. (\*\*\*)**

**NTP 339.129:1999 (revisada el 2019)**

Especimen de ensayo	Preparación húmeda
	Mezclado en capsula y partículas de arena removidas
	Agua destilada

Equipo empleado	Límite líquido	Equipo manual
	Límite Plástico	Rolado manual
	Ramador casa grande	Plástico

LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO MULTIPUNTO)			
Contenedor, No.	5	75	45
Masa húmeda de suelo + Contener, M1 (g)	48.08	42.24	44.41
Masa seca de suelo + Contener, M2 (g)	38.25	34.88	36.39
Masa del contener, M3 (g)	20.16	20.77	20.36
Contenido de agua, W, (%)	54.34	52.16	50.03
Numero de Golpes	17	22	34

Equipamiento	Balanza	BAL-70
	Horno	HOR-04
	Copa casa grande	CCG-06
	Ramador	RCCG-99

Condiciones ambientales de ensayo	Temperatura	23.3 °C
	Humedad	74.0%

LÍMITE PLÁSTICO		
Contenedor, No.	10	11
Masa húmeda de suelo + Contener, M1 (g)	18.89	16.82
Masa seca de suelo + Contener, M2 (g)	17.13	15.12
Masa del contener, M3 (g)	11.84	9.99
Contenido de agua, W, (%)	33.27	33.14

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite líquido	52
Límite plástico	33
Índice plástico	19

- Observaciones del ensayo
- \* Masa retenida tamiz N°40 (%) : 7.1
  - \* Humedad de recepcion : 11
  - \* Tamaño maximo de partículas : 3/8 in.
  - \* Clasificación según carta de plasticidad : ML



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Burga Fernández  
REG. CIP 112278

Autorizado por: Ing. Secundino Burga Fernandez

\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
\* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
\* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
(\*\*) Datos proporcionados por el cliente.  
(\*\*\*) El método indicado ha sido acreditado por el INACAL - DA.





# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-747

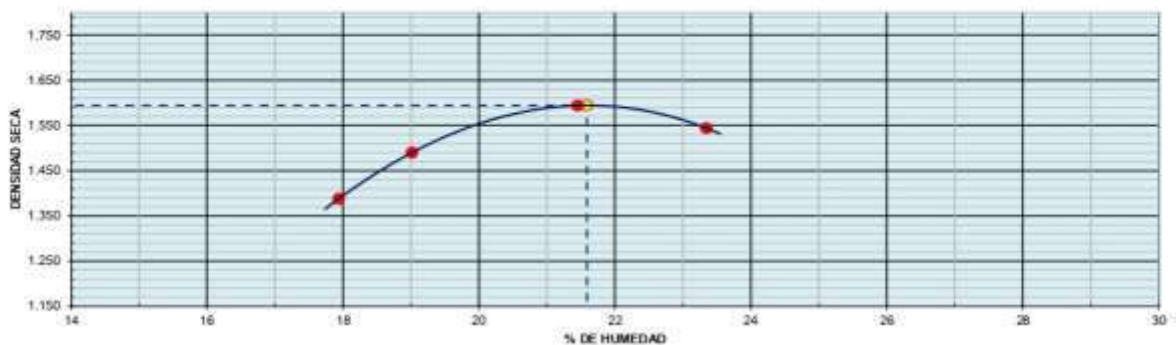
PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Poho de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**):	13/11/2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**):	-
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tmeo Flavio Alonso	MUESTREADO POR (**):	-
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 8% Ceniza de Acerrin + 10% Poho de Ladrillo	FECHA DE RECEPCION:	13/11/2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	FECHA DE ENSAYO:	14/11/2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISION:	14/12/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-4474		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2.700 kN·m/m³ (56.000 pie·lb/pe³)). 1ª Edición. (\*\*\*)

NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO					
Densidad volumétrica					
Volumen del molde (cm³)	936	PESO DEL MOLDE (g)	3818	METODO	"A"
Número de ensayos		1	2	3	4
Peso molde + molde (g)		5350	5478	5630	5601
Peso suelo húmedo compactado (g)		1532	1660	1812	1783
Peso volumétrico húmedo		1.637	1.774	1.936	1.905
Contenido de humedad					
Número de recipiente		1	2	3	4
Peso suelo húmedo + tara (g)		526.3	554.7	519.8	525.2
Peso suelo seco + tara (g)		460.3	482.1	459.8	442.9
Peso de la tara (g)		93.5	100.3	180.1	90.4
Peso de agua (g)		65.8	72.6	60.0	82.3
Peso de suelo seco (g)		366.8	381.8	279.7	352.5
Contenido de agua		17.94	19.02	21.45	23.35
Peso volumétrico seco		1.388	1.490	1.594	1.544
Densidad máxima seca:	1.594	g/cm³		Humedad óptima:	21.59 %

## GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundaria Pisco, Perú  
 REG. SUP. 110578

Revisado y aprobado.



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-747

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 13/11/2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 8% Ceniza de Acerrin + 10% Polvo de Ladrillo	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 13/11/2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 14/11/2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-4474		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez		

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición. (\*\*\*) NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica						
Nº de molde	19		5		1	
Nº capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	11489	11533	12023	12144	11170	11336
Peso de molde	7371	7371	8125	8125	7441	7441
Peso de suelo húmedo	4118	4162	3898	4019	3729	3895
Volumen del molde	2134	2134	2114	2114	2119	2119
Densidad húmeda	1.930	1.950	1.844	1.901	1.760	1.838
% de humedad	21.07	23.14	21.00	25.38	21.04	27.29
Densidad seca	1.594	1.584	1.524	1.514	1.454	1.444
Contenido de humedad						
Nº de tarro	-		-		-	
Tarro + suelo húmedo	523.8	523.8	540.3	540.3	504.0	504.0
Tarro + suelo seco	462.5	457.6	477.6	466.7	447.1	433.8
Peso de agua	61.3	66.2	62.7	73.6	56.9	70.2
Peso de tarro	171.5	171.5	179.0	179.0	176.6	176.6
Peso del suelo seco	391.0	386.1	298.6	287.7	270.5	257.2
% de humedad	21.07	23.14	21.00	25.38	21.04	27.29

#### Expansión

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
14/11/23	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15/11/23	14:30	24	160.0	4.06	3.5	185.0	4.70	4.1	202.0	5.13	4.5
16/11/23	14:30	48	179.0	4.55	3.9	196.0	4.98	4.3	225.0	5.72	5.0
17/11/23	14:30	72	195.0	4.95	4.3	213.0	5.41	4.7	253.0	6.43	5.6
18/11/23	14:30	96	219.0	5.56	4.8	234.0	5.94	5.1	284.0	7.21	6.3

#### Penetración

Penetración	Carga Standard	Molde Nº 19				Molde Nº 5				Molde Nº 1			
		Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
psig	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.021		0.1	0			4.7	0			9.5	0		
0.050		12.7	1			8.0	0			7.1	0		
0.071		16.2	1			12.3	1			10.9	1		
0.100		23.7	1	2.3	3.3	18.0	1	2.0	2.8	18.2	1	1.9	2.7
0.121		38.8	2			25.3	1			23.5	1		
0.150		54.1	3			35.8	2			30.4	2		
0.200		101.5	4	4.3	4.1	68.0	3	3.8	3.6	65.3	3	3.6	3.4
0.300		165.5	5			85.3	4			78.4	4		
0.400		118.8	8			95.3	5			85.2	4		
0.500		178.2	9			140.0	7			118.1	8		

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Sociedad Anónima, inscrita en el Registro Público de Comercio y MIP, N.º 115,272,728

Revisado y aprobado.



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



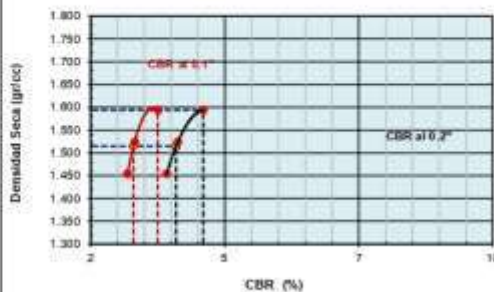
# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO 523-747

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".		
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque		
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 13/11/2023
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 8% Ceniza de Acerrín + 10% Polvo de Ladrillo	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -	<b>MUESTREO POR (**)</b>	: -
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 13/11/2023
<b>CODIGO ÚNICO</b>	: M23-4474	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 14/11/2023
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023

### SUELOS, Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio, 1ª Edición (\*\*\*) NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

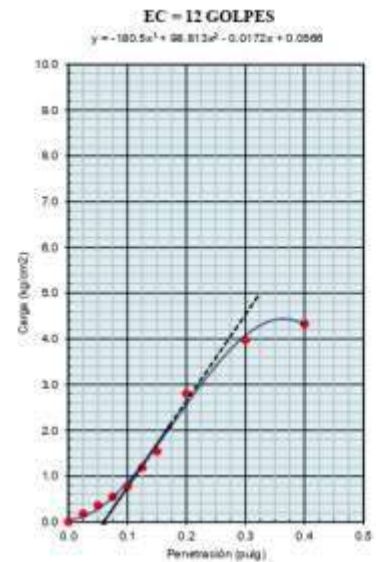
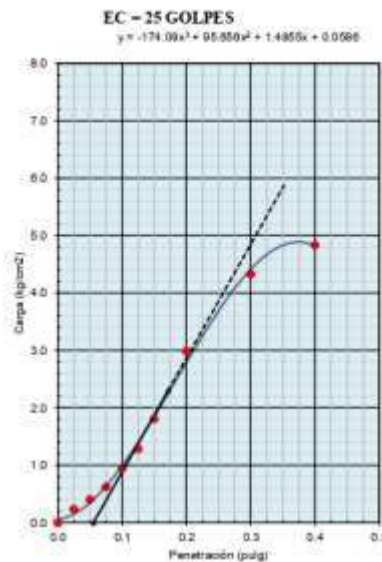
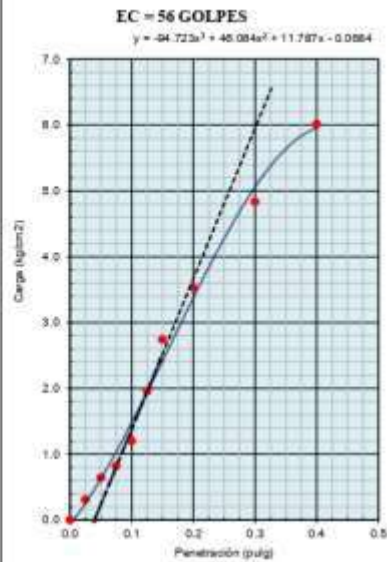
#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S.</b>	<b>0.1":</b>	<b>3.3</b>	<b>0.2":</b>	<b>4.1</b>
---------------------------------	--------------	------------	--------------	------------

<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S.</b>	<b>0.1":</b>	<b>2.8</b>	<b>0.2":</b>	<b>3.6</b>
--------------------------------	--------------	------------	--------------	------------

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.594	g/cm³
Optimo Humedad	21.50	%



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Seccional Chiclayo - Lambayeque  
M.C. VICTOR JAVIER LEIVA FERNANDEZ



Revisado y aprobado:

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estado destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-747

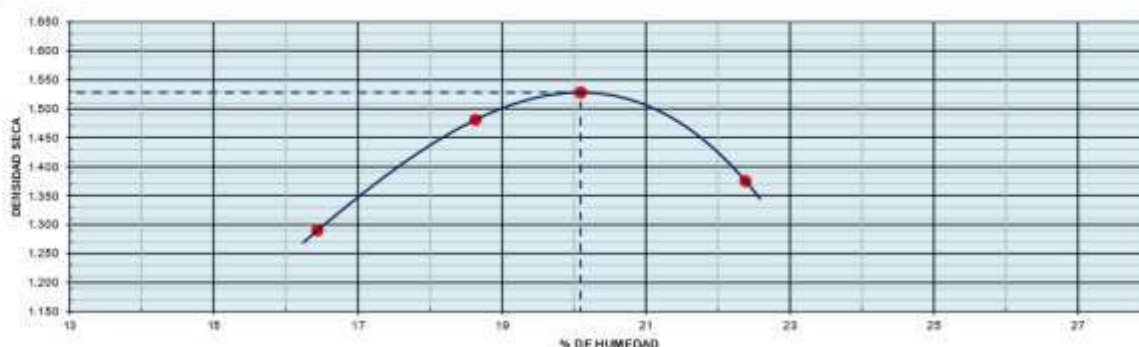
PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladnillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14/11/2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**)	: -
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso.	MUESTREADO POR (**)	: -
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 8% Ceniza de Acerrin + 10% Polvo de Ladnillo	FECHA DE RECEPCION	: 14/11/2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	FECHA DE EMISION	: 14/12/2023
COORDENADAS (**)	: -		
CÓDIGO ÚNICO	: M23-4474		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN·m/m<sup>2</sup> (56 000 pie·lb/ft<sup>2</sup>)). 1ª Edición. (\*\*\*)

NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	936	PESO DEL MOLDE (g)		3818	METODO	"A"
Número de ensayos	1	2	3	4		
Peso molde + molde (g)	5224	5462	5536	5393		
Peso suelo húmedo compactado (g)	1406	1644	1718	1573		
Peso volumétrico húmedo	1.502	1.756	1.835	1.683		
Contenido de humedad						
Número de recipiente	1	2	3	4		
Peso suelo húmedo + tara (g)	361.2	342.5	374.1	394.2		
Peso suelo seco + tara (g)	310.2	288.7	311.5	322.1		
Peso de la tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0		
Peso de agua (g)	51.0	53.8	62.6	72.1		
Peso de suelo seco (g)	310.2	288.7	311.5	322.1		
Contenido de agua	16.44	18.64	20.10	22.38		
Peso volumétrico seco	1.290	1.481	1.528	1.375		
Densidad máxima seca:	1.528	g/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima	20.10	%	

## GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundario Víctor Fernández  
 INE 230114  
 REG. CTA 119278



Revisado y aprobado.

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.





# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-747

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	<b>MUESTREO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 8% Ceniza de Acerrin + 10% Polvo de Ladrillo	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14/11/2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 15/11/2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-4474		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez		

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*) NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica						
Nº de molde	8		31		25	
Nº capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		32	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	11809	11848	11402	11498	11218	11371
Peso de molde	7931	7931	7721	7721	7639	7639
Peso de suelo húmedo	3878	3917	3681	3777	3579	3732
Volumen del molde	2123	2123	2112	2112	2160	2160
Densidad húmeda	1.827	1.843	1.743	1.788	1.657	1.728
% de humedad	19.55	21.54	19.52	23.51	19.38	25.38
Densidad seca	1.528	1.518	1.458	1.448	1.388	1.378
Contenido de humedad						
Nº de tarro	-		-		-	
Tarro + suelo húmedo	434.2	434.2	404.8	404.8	334.7	334.7
Tarro + suelo seco	363.2	357.2	338.7	327.8	280.4	266.9
Peso de agua	71.0	77.0	66.1	77.0	54.3	67.8
Peso de tarro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	363.2	357.2	338.7	327.8	280.4	266.9
% de humedad	19.55	21.54	19.52	23.51	19.38	25.38

#### Expansión

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Disl	mm	%	Disl	mm	%	Disl	mm	%
15/11/23	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16/11/23	14:30	22	36.8	0.93	0.8	63.3	1.61	1.4	84.4	2.14	1.9
17/11/23	14:30	42	52.6	1.34	1.2	76.4	1.99	1.7	95.6	2.43	2.1
18/11/23	14:30	65	74.5	1.89	1.6	96.4	2.45	2.1	110.6	2.81	2.4
19/11/23	14:30	95	86.2	2.19	1.9	106.1	2.69	2.3	117.3	2.95	2.6

#### Penetración

Penetración	Carga Stand	Molde Nº 8				Molde Nº 31				Molde Nº 25			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Disl (drv)	kg/cm2	kg/cm2	%	Disl (drv)	kg/cm2	kg/cm2	%	Disl (drv)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.021		34.4	1			7.2	0			3.5	0		
0.050		29.5	1			16.3	1			9.1	0		
0.075		38.8	2			29.0	1			16.4	1		
0.100	70.3	80.7	3	2.7	3.0	39.3	2	2.1	2.9	29.9	2	1.6	2.7
0.125		83.3	3			45.6	2			38.6	2		
0.150		78.9	4			80.4	3			46.7	2		
0.200	103.1	100.5	5	3.1	4.1	76.2	4	4.0	3.7	81.2	2	3.8	3.4
0.300		128.2	8			98.2	5			79.6	4		
0.400		130.8	7			93.5	5			88.4	4		
0.500		164.2	8			83.3	5			70.3	4		

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Sociedad por Acciones Privada  
RUC: 20487357463

Revisado y aprobado.



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



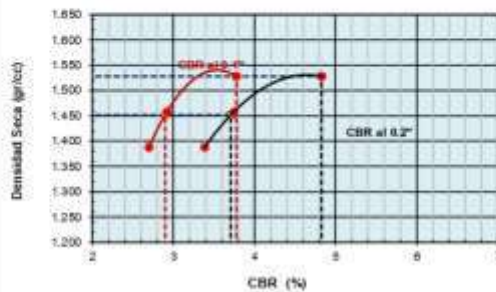
# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-747

PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acenry y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**):	14/11/2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**):	-
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	MUESTREO POR (**):	-
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 8% Ceniza de Acenry + 10% Polvo de Ladrillo	FECHA DE RECEPCION:	14/11/2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISION:	14/12/2023
CODIGO UNICO	: M23-4474		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

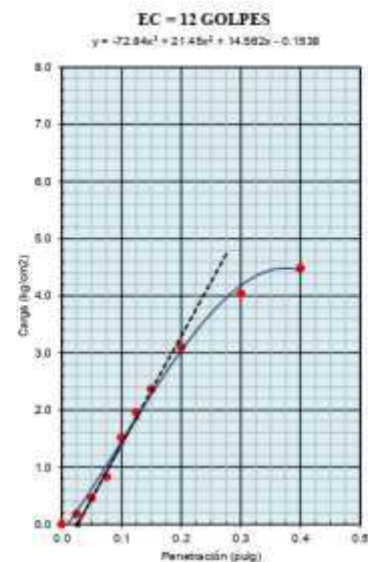
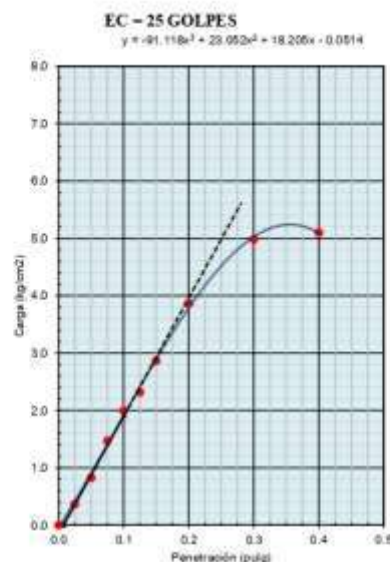
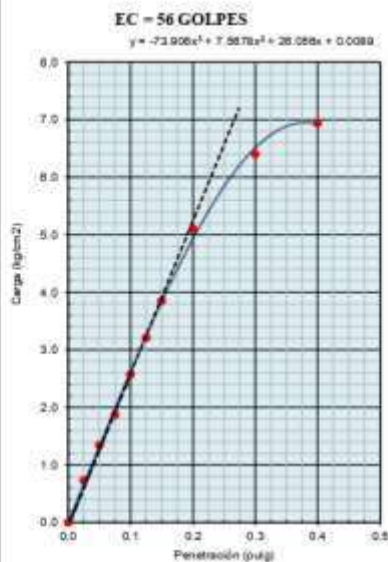
### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*) NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1":	3.8	0.2":	4.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1":	2.9	0.2":	3.7

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.528	g/cm³
Optimo Humedad	20.10	%



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Victor Javier Leiva Fernandez  
 M.D. 271.115.278

Revisado y aprobado:



\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
 \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
 \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
 (\*\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-747

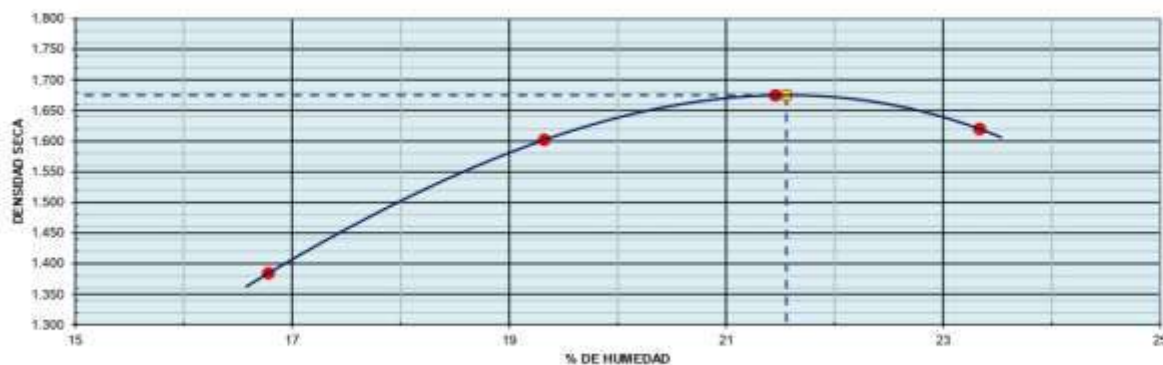
PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".		
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque		
CLIENTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14/11/2023
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 8% Ceniza de Acerín + 10% Polvo de Ladrillo	HORA DE MUESTREO (**)	: -
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	MUESTREADO POR (**)	: -
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE RECEPCION	: 14/11/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-4474	FECHA DE ENSAYO	: 17/11/2023
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez	FECHA DE EMISION	: 14/12/2023

SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)). 1ª Edición (\*\*\*)

NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	936	PESO DEL MOLDE (g)		3818	METODO	A
Número de ensayos	1	2	3	4		
Peso molde + molde (g)	5331	5607	5722	5688		
Peso suelo húmedo compactado (g)	1513	1789	1904	1870		
Peso volumétrico húmedo	1.616	1.911	2.034	1.998		
Contenido de humedad						
Número de recipiente	1	2	3	4		
Peso suelo húmedo + tara (g)	430.1	352.6	232.1	246.3		
Peso suelo seco + tara (g)	368.3	295.5	191.1	199.7		
Peso de la tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0		
Peso de agua (g)	61.8	57.1	41.0	46.6		
Peso de suelo seco (g)	368.3	295.5	191.1	199.7		
Contenido de agua	16.78	19.32	21.45	23.34		
Peso volumétrico seco	1.384	1.602	1.675	1.620		
Densidad máxima seca	1.675	g/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima	21.55	%	

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Rodríguez Fernández  
 REG. CTA 119278

Revisado y aprobado.



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente
- (\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

### INFORME DE ENSAYO S23-747

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acetón y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".		
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque		
<b>CLIENTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso		<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b> : 14/11/2023
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 8% Ceniza de Acetón + 10% Polvo de Ladrillo		<b>HORA DE MUESTREO (**)</b> : -
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -		<b>MUESTREADO POR (**)</b> : -
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -		<b>FECHA DE RECEPCION</b> : 14/11/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-4474		<b>FECHA DE ENSAYO</b> : 17/11/2023
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez		<b>FECHA DE EMISION</b> : 14/12/2023

#### SUELOS, Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*) NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica						
N° de molde	11		22		15	
N° capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	11860	11904	11229	11337	11510	11678
Peso de molde	7681	7681	7110	7110	7576	7576
Peso de suelo húmedo	4179	4223	4119	4227	3934	4102
Volumen del molde	3065	3065	2125	2125	3123	3123
Densidad húmeda	2.024	2.045	1.938	1.989	1.853	1.932
% de humedad	20.83	22.84	20.77	24.72	20.73	26.70
Densidad seca	1.675	1.665	1.605	1.595	1.535	1.525
Contenido de humedad						
N° de tarro	-		-		-	
Tarro + suelo húmedo	384.6	384.6	373.3	373.3	369.2	369.2
Tarro + suelo seco	318.3	313.1	309.1	299.3	305.8	291.4
Peso de agua	66.3	71.5	64.2	74.0	63.4	77.8
Peso de tarro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	318.3	313.1	309.1	299.3	305.8	291.4
% de humedad	20.83	22.84	20.77	24.72	20.73	26.70

#### Expansión

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
17/11/23	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18/11/23	14:30	22	38.9	0.99	0.9	61.3	1.56	1.3	85.5	2.17	1.9
19/11/23	14:30	42	55.3	1.40	1.2	75.4	1.92	1.7	100.4	2.55	2.2
20/11/23	14:30	65	72.4	1.84	1.6	91.4	2.32	2.0	112.1	2.85	2.5
21/11/23	14:30	95	84.5	2.15	1.9	102.4	2.60	2.3	123.1	3.13	2.7

#### Penetración

Penetración	Carga Stand.	Molde N° 11				Molde N° 22				Molde N° 15			
		Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
psi/g	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (dir)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (dir)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (dir)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		10.1	1			8.3	0			3.2	0		
0.050		26.7	1			16.4	1			7.8	0		
0.075		39.5	2			20.6	1			9.8	0		
0.100	70.3	55.0	3	4.0	5.7	34.5	2	2.2	3.2	14.8	1	1.4	2.0
0.125		80.8	4			31.4	3			20.8	1		
0.150		100.9	6			44.5	3			35.7	2		
0.200	105.5	130.2	7	7.7	7.3	72.4	4	4.2	4.0	40.8	2	2.7	2.8
0.300		183.5	9			95.4	5			64.3	3		
0.400		194.4	10			110.4	6			69.7	4		
0.500		218.5	11			150.2	8			98.3	5		

  
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Dirección: Víctor Fernández  
 N° 239 145 278

Revisado y aprobado



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.
- (\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

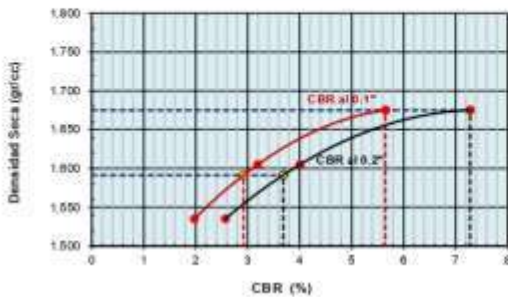
## INFORME DE ENSAYO S23-747

**PROYECTO (\*\*)** : "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos"  
**UBICACIÓN (\*\*)** : Chiclayo - Lambayeque  
**CLIENTE (\*\*)** : Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Timeo Flavio Alonso  
**MATERIAL (\*\*)** : Terreno Natural + 6% Cal + 8% Ceniza de Acerrin + 10% Polvo de Ladrillo  
**CODIGO DE MUESTRA (\*\*)** : -  
**COORDENADAS (\*\*)** : -  
**CÓDIGO ÚNICO** : M23-4474  
**TECNICO ENCARGADO** : Victor Javier Leiva Fernandez

**FECHA DE MUESTREO (\*\*)** : 14/11/2023  
**HORA DE MUESTREO (\*\*)** : -  
**MUESTREADO POR (\*\*)** : -  
**FECHA DE RECEPCION** : 14/11/2023  
**FECHA DE ENSAYO** : 17/11/2023  
**FECHA DE EMISION** : 14/12/2023

**SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*)**  
 NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

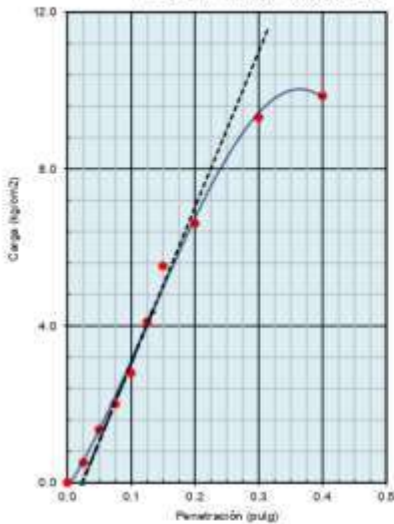


C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1":	5.7	0.2":	7.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1":	2.9	0.2":	3.7

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.675	g/cm <sup>3</sup>
Optimo Humedad	21.55	%

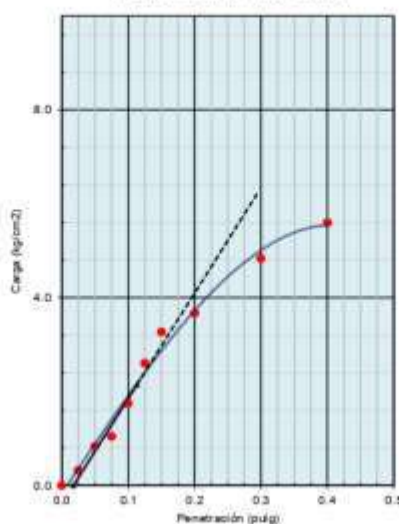
#### EC = 56 GOLPES

$$y = -224.97x^3 + 87.478x^2 + 25.886x - 0.135$$



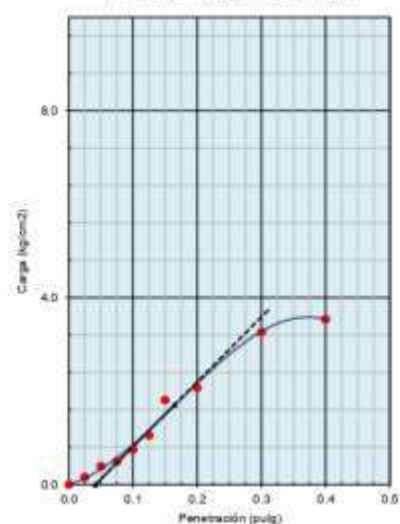
#### EC = 25 GOLPES

$$y = -39.729x^3 - 2.128x^2 + 21.508x - 0.1708$$



#### EC = 12 GOLPES

$$y = -109.65x^3 + 66.728x^2 + 4.048x - 0.0038$$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundario Víctor Fernández  
 REG. STA. 14728

Revisado y aprobado.



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.
- (\*\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

### INFORME DE ENSAYO S23-649

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso.
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Alterada en saco
<b>CANTIDAD DE MUESTRA (**)</b>	: 10 kg aproximadamente
<b>TIPO DE PRODUCTO</b>	: Suelos
<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14-11-2023
<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14-11-2023
<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14-12-2023
<b>SUPERVISOR DE LABORATORIO</b>	: Secundino Burga Fernandez
<b>TECNICO DE LABORATORIO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez
<b>LUGAR DE ENSAYO</b>	: Los ensayos de las muestras se realizaron en las instalaciones de Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC, ubicado en Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Fundo el Cerrito (paralela a la Av. Arequipa intersección con Prolongación Bolognesi) - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque.
<b>MUESTRA Y CONTRAMUESTRA</b>	: * Nuestro laboratorio no ha sido responsable de la etapa de muestreo (el solicitante brindo toda la información). * Tipo de muestra, alterada en saco. * La contramuestra se almacenará, por un periodo de 15 días.
<b>OTROS (**)</b>	:

#### NOTA :

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
  - \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
  - \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Burga Fernandez  
REG. STA. 150278

Autorizado por:

Ing. Secundino Burga Fernandez

**INFORME DE ENSAYO S23-649**

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acetón y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos"	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14-11-2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 10% Ceniza Asemin + 15% polvo de Ladrillo	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14-11-2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 15-11-2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14-12-2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-3951		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez		

**SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. (\*\*\*)**

NTP 339.129:1999 (revisada el 2019)

Especimen de ensayo	Preparación húmeda
	Mezclado en capsula y partículas de arena removidas
	Agua destilada

Equipo empleado	Límite líquido	Equipo manual
	Límite Plástico	Rolado manual
	Ramrador casa grande	Plástico

LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO MULTIPUNTO)			
Contenedor, No.	27	75	4
Masa húmeda de suelo + Continer, M1 (g)	43.29	40.20	41.33
Masa seca de suelo + Continer, M2 (g)	36.03	34.29	34.57
Masa del continer, M3 (g)	20.19	20.77	18.33
Contenido de agua, W, (%)	45.83	43.71	41.63
Número de Golpes	15	22	34

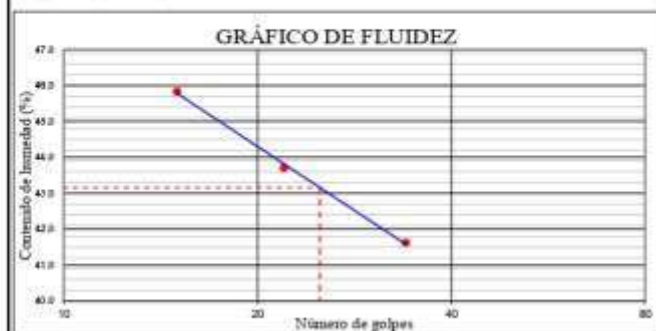
Equipamiento	Balanza	BAL-70
	Horno	HOR-04
	Copa casa grande	CCG-06
	Ramrador	RCCG-99
Condiciones ambientales de ensayo	Temperatura	25.3 °C
	Humedad	65.0%

$$w = ((M1-M2)/(M2-M3)) * 100$$

LÍMITE PLÁSTICO		
Contenedor, No.	8	37
Masa húmeda de suelo + Continer, M1 (g)	17.63	15.50
Masa seca de suelo + Continer, M2 (g)	15.62	13.83
Masa del continer, M3 (g)	9.92	9.11
Contenido de agua, W, (%)	35.26	35.38

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite líquido	43
Límite plástico	35
Índice plástico	8

$$w = ((M1-M2)/(M2-M3)) * 100$$



**Observaciones del ensayo**

- \* Masa retenida tamiz N°40 (%): 7.1
- \* Humedad de recepción: 11
- \* Tamaño máximo de partículas: 3/8 in.
- \* Clasificación según carta de plasticidad: ML

\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
\* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
\* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
(\*\*) Datos proporcionados por el cliente.  
(\*\*\*) El método indicado ha sido acreditado por el INACAL - DA.

Autorizado por: Ing. Secundino Burga Fernandez

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Burga Fernandez  
REG. COTAPRO 15278





# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO 523-649

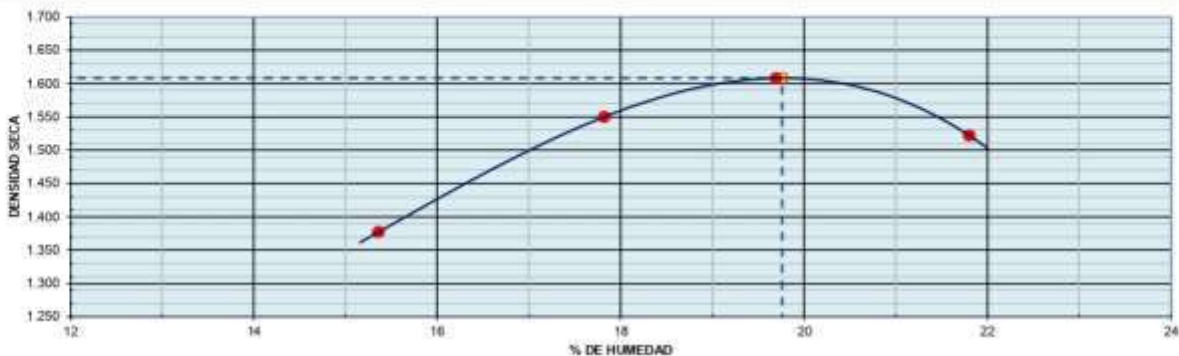
<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tmeo Flavio Alonso	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 10% Ceniza Acerin + 15% polvo de Ladrillo.	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14/11/2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 15/11/2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-3951		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Víctor Javier Leiva Fernandez		

**SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN·m/m<sup>3</sup> (56 000 pie·lb/ft<sup>3</sup>)). 1ª Edición. (\*\*\*)**

**NIP 339.141:1999 (revisada el 2019)**

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918	PESO DEL MOLDE (g)		4198	METODO	"A"
Número de ensayos		1	2	3	4	
Peso molde + molde (g)		5656	5874	5965	5900	
Peso suelo húmedo compactado (g)		1458	1676	1767	1702	
Peso volumétrico húmedo		1.588	1.826	1.925	1.854	
Contenido de humedad						
Número de recipiente		1	2	3	4	
Peso suelo húmedo + tara (g)		635.2	654.5	705.3	766.5	
Peso suelo seco + tara (g)		565.3	576.8	612.3	655.3	
Peso de la tara (g)		110.2	140.8	140.1	145.2	
Peso de agua (g)		69.9	77.7	93.0	111.2	
Peso de suelo seco (g)		455.1	436.0	472.2	510.1	
Contenido de agua		15.36	17.82	19.70	21.80	
Peso volumétrico seco		1.377	1.550	1.608	1.522	
Densidad máxima seca:	<b>1.608</b>	g/cm <sup>3</sup>		Humedad óptima:	<b>19.76</b>	%

### GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Encargado: Víctor Javier Leiva Fernandez  
 REG. 014 115278

Revisado y aprobado



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estado destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.





# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO 523-649

PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Aserrín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14/11/2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**)	: -
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tinco Flavio Alonso	MUESTREADO POR (**)	: -
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 10% Ceniza Aserrín + 15% polvo de Ladrillo	FECHA DE RECEPCIÓN	: 14/11/2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	FECHA DE ENSAYO	: 15/11/2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISIÓN	: 14/12/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-3951		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*)

NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica						
Nº de molde	8		3		47	
Nº capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	12154	12179	12049	12158	11601	11746
Peso de molde	7931	7931	8031	8031	7769	7769
Peso de suelo húmedo	4223	4248	4018	4107	3832	3977
Volumen del molde	2123	2123	2110	2110	2110	2110
Densidad húmeda	1.989	2.001	1.904	1.946	1.816	1.883
% de humedad	23.71	25.21	23.80	27.39	23.72	29.28
Densidad seca	1.608	1.598	1.538	1.528	1.468	1.458
Contenido de humedad						
Nº de tarro	-		-		-	
Tarro + suelo húmedo	453.9	453.9	437.3	437.3	472.5	472.5
Tarro + suelo seco	384.4	391.4	379.9	373.1	410.7	399.5
Peso de agua	59.5	62.5	57.4	64.2	61.8	73.0
Peso de tarro	143.5	143.5	138.7	138.7	150.2	150.2
Peso del suelo seco	250.9	247.9	241.2	234.4	260.5	249.3
% de humedad	23.71	25.21	23.80	27.39	23.72	29.28

#### Exposición

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Exposición			Exposición			Exposición		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
15/11/23	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16/11/23	14:30	22	36.0	0.91	0.8	63.0	1.60	1.4	88.0	2.24	1.9
17/11/23	14:30	42	62.0	1.57	1.4	78.0	1.98	1.7	106.0	2.69	2.3
18/11/23	14:30	65	75.0	1.91	1.6	94.0	2.39	2.1	117.0	2.97	2.6
19/11/23	14:30	95	86.0	2.18	1.9	105.0	2.67	2.3	128.0	3.25	2.8

#### Penetración

Penetración	Carga Stand	Molde Nº 8				Molde Nº 3				Molde Nº 47			
		Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
pulg	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		29.2	1			14.3	1			11.0	1		
0.050		55.4	3			31.3	2			22.0	1		
0.075		72.0	4			50.3	3			45.3	2		
0.100	70.3	89.4	5	5.1	7.3	79.2	4	4.4	6.2	85.4	3	4.1	5.8
0.125		120.3	8			99.4	5			78.0	4		
0.150		145.3	7			115.0	6			98.4	5		
0.200	105.5	190.4	10	9.8	9.3	150.3	8	8.3	7.9	141.2	7	7.8	7.4
0.300		245.3	12			195.4	10			175.0	9		
0.400		298.0	12			238.3	9			176.3	9		
0.500		300.4	15			300.6	18			198.0	10		

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Gerencia General  
 Calle Pólvora  
 No. 2323

Revisado y aprobado



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



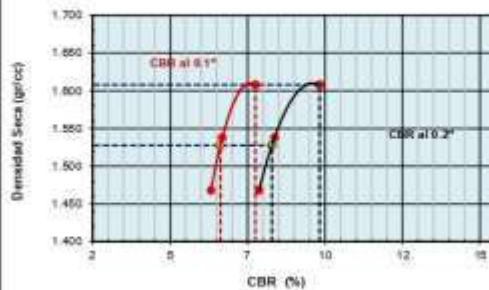
# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-649

PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**):	14/11/2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**):	-
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	MUESTREADO POR (**):	-
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 10% Ceniza Aserín + 15% polvo de Ladrillo.	FECHA DE RECEPCIÓN:	14/11/2023
COBIGO DE MUESTRA (**)	: -	FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISIÓN:	14/12/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-3951		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*) NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

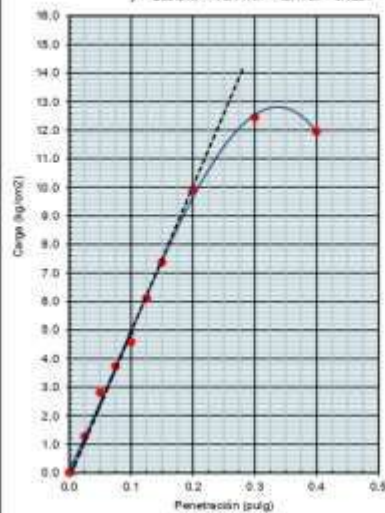


C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1":	7.3	0.2":	9.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1":	6.1	0.2":	7.8

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.608	g/cm <sup>3</sup>
Optimo Humedad	19.76	%

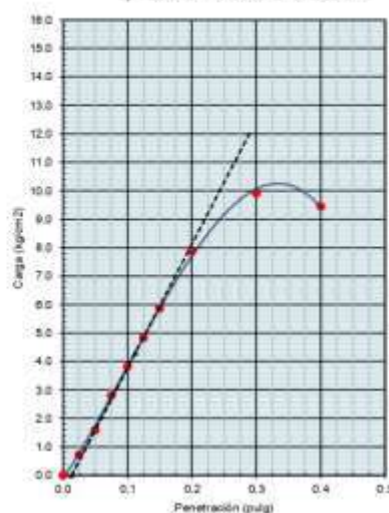
#### EC - 56 GOLPES

$$y = -260.84x^2 + 76.117x + 43.178x - 0.1281$$



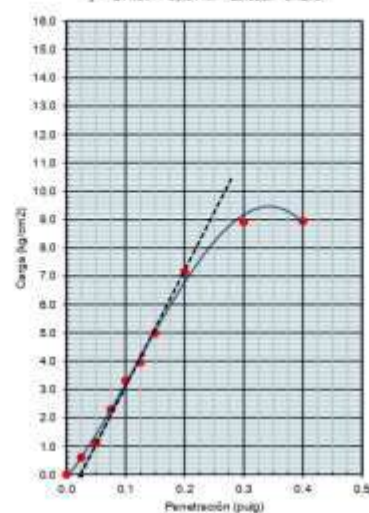
#### EC - 25 GOLPES

$$y = -248.71x^2 + 71.379x^2 + 34.679x - 0.1267$$



#### EC - 12 GOLPES

$$y = -244.3x^2 + 80.944x^2 + 20.889x - 0.1279$$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundario 14, Calle Peruanillo  
M.C. CTR 110278

Revisado y aprobado



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO 523-649

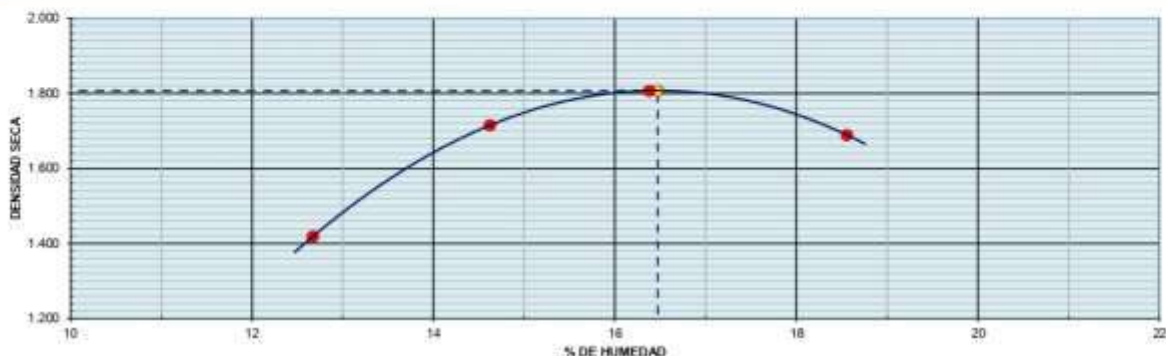
PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".		
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque		
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tameo Flavio Alonso	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14/11/2023
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 10% Ceniza Acerrín + 15% polvo de Ladrillo.	HORA DE MUESTREO (**)	: -
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	MUESTREADO POR (**)	: -
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE RECEPCION :	14/11/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-3951	FECHA DE ENSAYO :	15/11/2023
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez.	FECHA DE EMISION :	14/12/2023

**SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN·m/m<sup>3</sup> (56 000 pie·lb/ft<sup>3</sup>)). 1ª Edición (\*\*\*)**

NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918	PESO DEL MOLDE (g) :		4198	METODO	"A"
Número de ensayos	1	2	3	4		
Peso molde + molde (g)	5666	6003	6129	6036		
Peso suelo húmedo compactado (g)	1468	1805	1991	1838		
Peso volumétrico húmedo	1.599	1.966	2.103	2.002		
Contenido de humedad						
Número de recipiente	1	2	3	4		
Peso suelo húmedo + tara (g)	277.4	246.9	271.4	284.3		
Peso suelo seco + tara (g)	246.2	215.4	233.2	239.8		
Peso de la tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0		
Peso de agua (g)	31.2	31.5	38.2	44.5		
Peso de suelo seco (g)	246.2	215.4	233.2	239.8		
Contenido de agua	12.67	14.62	16.38	18.56		
Peso volumétrico seco	1.419	1.715	1.807	1.689		
Densidad máxima seca	1.807	g/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima	16.47	%	

### GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundario Víctor Fernández  
 M.C. 079 119278

Revisado y aprobado.



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida
  - \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio
  - \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-649

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tiroso Flavio Alonso.	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 10% Ceniza Acerín + 15% polvo de Ladrillo.	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14/11/2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 15/11/2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-3951		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Lerva Fernandez		

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*) NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica	7		15		21	
	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Nº de molde	7		15		21	
Nº capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	11944	11995	11929	12051	11940	12025
Peso de molde	7426	7426	7576	7576	7711	7711
Peso de suelo húmedo	4518	4569	4353	4475	4129	4314
Volumen del molde	2119	2119	2123	2123	2099	2099
Densidad húmeda	2.152	2.156	2.050	2.108	1.967	2.055
% de humedad	17.99	20.00	18.04	22.04	18.01	24.04
Densidad seca	1.807	1.797	1.737	1.727	1.667	1.657
<b>Contenido de humedad</b>						
Nº de tarro	-		-		-	
Tarro + suelo húmedo	408.2	408.2	388.4	388.4	418.3	418.3
Tarro + suelo seco	346.0	340.2	329.0	318.3	354.5	337.2
Peso de agua	62.2	68.0	59.4	70.1	63.8	81.1
Peso de tarro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	346.0	340.2	329.0	318.3	354.5	337.2
% de humedad	17.99	20.00	18.04	22.04	18.01	24.04

#### Expansión

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
15/11/23	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16/11/23	14:30	22	36.8	0.93	0.8	62.1	1.58	1.4	83.1	2.11	1.8
17/11/23	14:30	42	51.5	1.31	1.1	77.5	1.97	1.7	93.4	2.42	2.1
18/11/23	14:30	65	70.3	1.79	1.5	96.4	2.45	2.1	110.6	2.81	2.4
19/11/23	14:30	95	81.2	2.06	1.8	106.2	2.70	2.3	120.5	3.06	2.7

#### Penetración

Penetración	Carga Stand	Molde Nº 7				Molde Nº 15				Molde Nº 21			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		10.7	1			0.6	0			5.3	0		
0.050		23.4	2			21.7	1			12.2	1		
0.075		32.3	3			48.2	2			30.8	2		
0.100	70.3	70.3	4	5.0	7.2	90.6	3	4.6	6.1	42.4	2	4.3	6.1
0.125		110.2	6			89.2	5			60.2	3		
0.150		136.1	7			121.8	6			90.0	5		
0.200	105.5	170.3	8	8.8	8.3	143.2	7	8.7	8.1	128.3	6	8.0	7.6
0.300		242.1	12			198.3	10			178.3	8		
0.400		290.3	13			210.3	11			185.2	8		
0.500		302.8	13			200.2	11			205.8	10		

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Sede: Chiclayo - Perú  
RUC: 20487357465

Revisado y aprobado



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

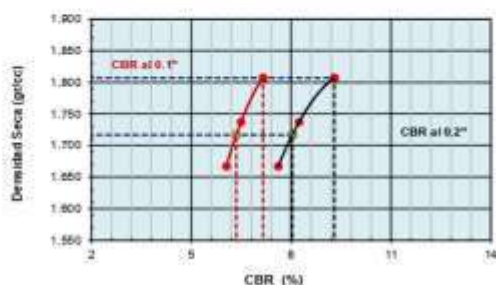
## INFORME DE ENSAYO 523-640

PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Aserin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos"		
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque		
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tino Flavio Alonso	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14/11/2023
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 10% Ceniza Aserin + 15% polvo de Ladrillo.	HORA DE MUESTREO (**)	: -
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	MUESTREADO POR (**)	: -
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE RECEPCION	: 14/11/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-3951	FECHA DE ENSAYO	: 15/11/2023
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez	FECHA DE EMISION	: 14/12/2023

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*)

NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

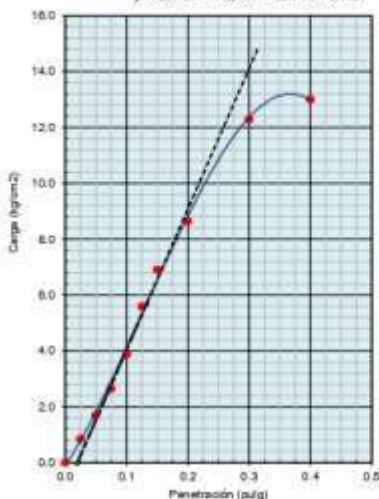


C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1":	7.2	0.2":	9.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1":	6.4	0.2":	8.0

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.807	g/cm³
Optimo Humedad	16.47	%

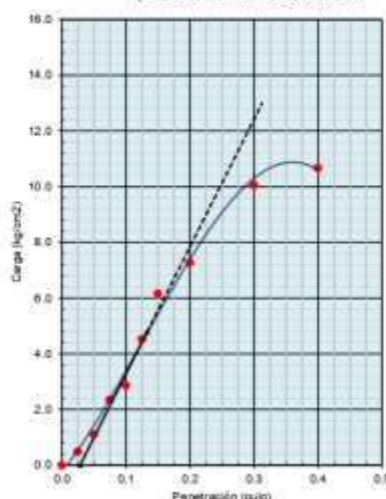
#### EC - 56 GOLPES

$$y = -287.9x^3 + 112.47x^2 + 33.714x - 0.1134$$



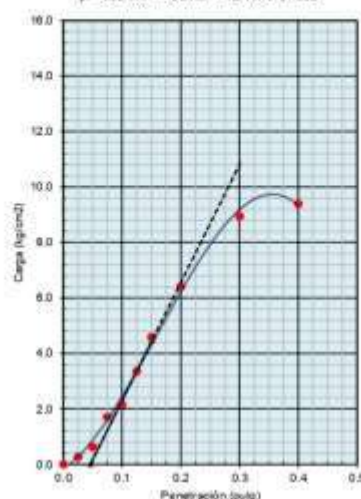
#### EC - 25 GOLPES

$$y = -240.9x^3 + 94.88x^2 + 20.235x - 0.2572$$



#### EC - 12 GOLPES

$$y = -332.81x^3 + 158.79x^2 + 13.441x - 0.1528$$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Victor Javier Leiva Fernandez  
 TECNICO ENCARGADO

Revisado y aprobado



\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
 \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
 \* Este informe de ensayo es parcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
 (\*\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO 523-649

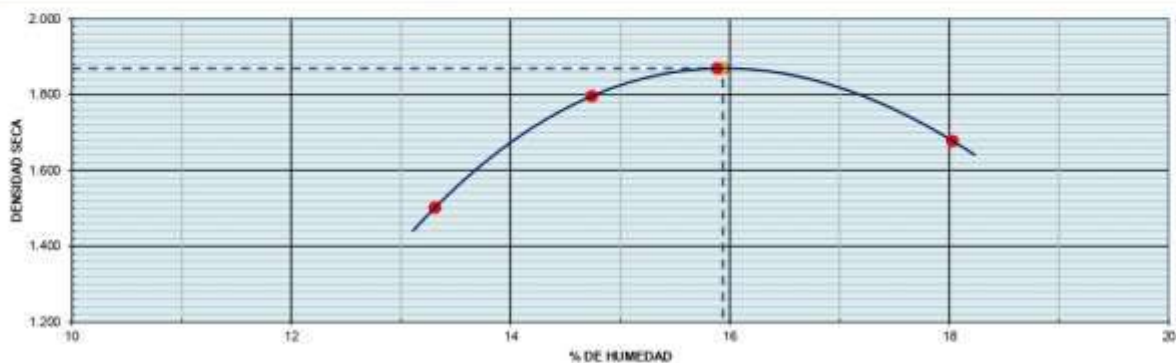
PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".		
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque		
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Timeo Flavio Alonso.	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14/11/2023
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 10% Ceniza Asermin + 15% polvo de Ladrillo.	HORA DE MUESTREO (**)	: -
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	MUESTREADO POR (**)	: -
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE RECEPCION :	14/11/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-3951.	FECHA DE ENSAYO :	15/11/2023
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez	FECHA DE EMISION :	14/12/2023

SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN·m/m' (56 000 pie-lbf/pe'²)). 1.ª Edición. (\*\*\*)

NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918	PESO DEL MOLDE (g) :		4198	METODO	"A"
Número de ensayos		1	2	3	4	
Peso molde + molde (g)		5760	6090	6186	6016	
Peso suelo húmedo compactado (g)		1562	1892	1988	1818	
Peso volumétrico húmedo		1.702	2.061	2.166	1.980	
Contenido de humedad						
Número de recipiente		1	2	3	4	
Peso suelo húmedo + tara (g)		247.7	284.1	267.0	274.3	
Peso suelo seco + tara (g)		218.6	247.6	230.4	232.4	
Peso de la tara (g)		0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua (g)		29.1	36.5	36.6	41.9	
Peso de suelo seco (g)		218.6	247.6	230.4	232.4	
Contenido de agua		13.31	14.74	15.89	18.03	
Peso volumétrico seco		1.502	1.796	1.869	1.678	
Densidad máxima seca:	1.869	g/cm <sup>3</sup>		Humedad óptima	15.94	%

### GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Estrella Fernández  
 REG. 579 18278



Revisado y aprobado.

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-649

PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**):	14/11/2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**):	-
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tino Flavio Alonso.	MUESTREADO POR (**):	-
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 0% Cal + 10% Ceniza Acerín + 15% polvo de Ladrillo.	FECHA DE RECEPCION:	14/11/2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISION:	14/12/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-3951		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*) NTP 339.148:1999 (revisada el 2019)

#### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica	16		24		30	
	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Nº de molde	16		24		30	
Nº capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	12413	12467	10550	10677	12135	12326
Peso de molde	7807	7807	6134	6134	7910	7910
Peso de suelo húmedo	4606	4660	4416	4543	4225	4416
Volumen del molde	2121	2121	2115	2115	2109	2109
Densidad húmeda	2.172	2.197	2.088	2.148	2.003	2.084
% de humedad	16.20	18.19	16.07	20.06	15.87	21.81
Densidad seca	1.869	1.859	1.799	1.789	1.729	1.719
Contenido de humedad						
Nº de tarro	-	-	-	-	-	-
Tarro + suelo húmedo	419.6	419.6	359.7	359.7	403.2	403.2
Tarro + suelo seco	361.1	355.0	309.9	299.6	348.0	331.0
Peso de agua	58.3	64.6	49.8	60.1	55.2	72.2
Peso de tarro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	361.1	355.0	309.9	299.6	348.0	331.0
% de humedad	16.20	18.19	16.07	20.06	15.87	21.81

#### Expansión

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
15/11/23	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
16/11/23	14:30	22	36.8	0.93	0.8	60.1	1.53	1.3	88.4	2.35	2.0
17/11/23	14:30	42	53.1	1.35	1.2	77.2	1.96	1.7	101.6	2.58	2.2
18/11/23	14:30	65	70.6	1.79	1.6	96.5	2.45	2.1	105.7	2.68	2.3
19/11/23	14:30	95	82.1	2.09	1.8	108.2	2.73	2.4	120.5	3.06	2.7

#### Penetración

Penetración	Carga	Molde Nº 16				Molde Nº 24				Molde Nº 30			
		Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
			Dial (dn)	kg/cm <sup>2</sup>	%		Dial (dn)	kg/cm <sup>2</sup>	%		Dial (dn)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.025	17.8	1			10.8	1			7.3	0			
0.050	28.3	1			19.2	1			13.5	1			
0.075	46.2	2			30.1	2			24.8	1			
0.100	70.3	4	3.2	7.4	40.5	3	4.7	6.7	34.1	3	4.3	6.3	
0.125	90.8	5			52.3	4			42.0	4			
0.150	128.2	6			109.6	6			60.4	5			
0.200	192.5	10	10.1	9.6	144.7	7	8.0	8.1	128.8	7	8.1	7.7	
0.300	239.4	12			201.8	10			181.4	9			
0.400	247.4	13			218.8	11			188.4	10			
0.500	305.2	15			280.4	13			198.5	10			

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Av. Vicerreyes 1501 - Chiclayo - Lambayeque  
 Teléfono: 051 954 131 476 - 998 928 230  
 Email: info@emp-afaltos.com

Revisado y aprobado



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



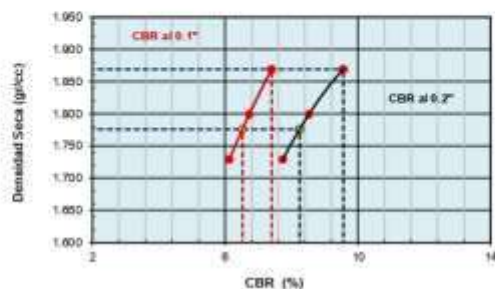
# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO 523-640

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos"		
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque		
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 10% Ceniza Aserrin + 15% polvo de Ladrillo	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14/11/2023
<b>CODIGO ÚNICO</b>	: M23-3951	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 15/11/2023
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023

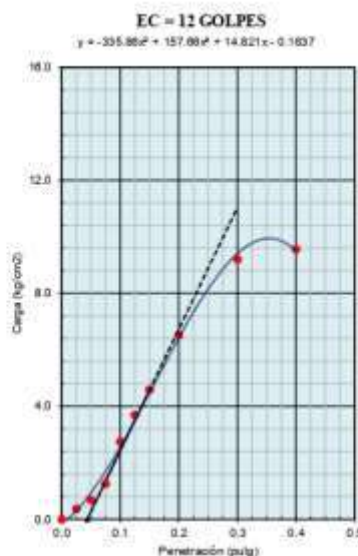
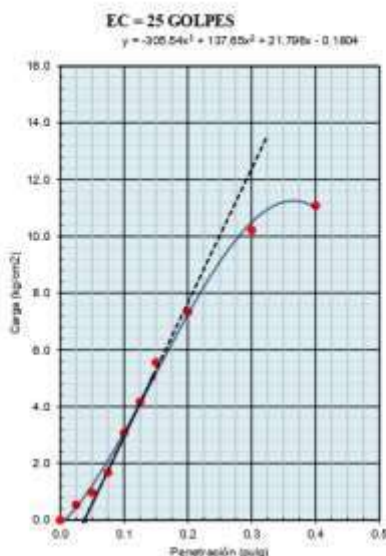
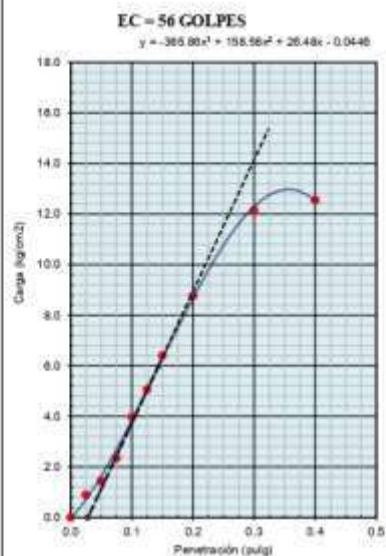
### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición. (\*\*\*) NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S.</b>	<b>0.1":</b>	7.4	<b>0.2":</b>	9.6
<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S.</b>	<b>0.1":</b>	6.5	<b>0.2":</b>	8.1

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.869 g/cm³
Optimo Humedad	15.94 %



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Ingenieros Flavio Guerrero Tineo y Diego Antonio Velez Mendoza  
M.C. S.C. P.E.

Revisado y aprobado



\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
\* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
\* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
(\*\*) Datos proporcionados por el cliente.





## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

### INFORME DE ENSAYO S23-748

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos",
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso.
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Alterada en saco
<b>CANTIDAD DE MUESTRA (**)</b>	: 10 kg aproximadamente
<b>TIPO DE PRODUCTO</b>	: Suelos
<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14-11-2023
<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14-11-2023
<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14-12-2023
<b>SUPERVISOR DE LABORATORIO</b>	: Secundino Burga Fernandez
<b>TECNICO DE LABORATORIO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez
<b>LUGAR DE ENSAYO</b>	: Los ensayos de las muestras se realizaron en las instalaciones de Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC, ubicado en Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Fundo el Cerrito (paralela a la Av. Arequipa intersección con Prolongación Bolognesi) - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque.
<b>MUESTRA Y CONTRAMUESTRA</b>	: * Nuestro laboratorio no ha sido responsable de la etapa de muestreo (el solicitante brindo toda la información). * Tipo de muestra, alterada en saco. * La contramuestra se almacenará, por un periodo de 15 días.
<b>OTROS (**)</b>	:

#### NOTA :

\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.

\* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.

\* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.

(\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



Autorizado por:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Burga Fernández  
REG. 014 142778

Ing. Secundino Burga Fernandez



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 203



INFORME DE ENSAYO S23-748

PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14-11-2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**)	: -
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	MUESTREADO POR (**)	: -
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 12% Ceniza de Acerrin + 20% Polvo de Ladrillo.	FECHA DE RECEPCION	: 14-11-2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	FECHA DE ENSAYO	: 15-11-2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISION	: 14-12-2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-4475		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

SUELOS: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición (\*\*\*)

NTP 339.129:1999 (revisada al 2019)

Especimen de ensayo	Preparación húmeda
	Mezclado en capsula y partículas de arena removidas
	Agua destilada

Equipo empleado	Límite líquido	Equipo manual
	Límite Plástico	Rolado manual
	Ramador casa grande	Plástico

LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO MULTIPUNTO)			
Contenedor, No.	10	1	16
Masa húmeda de suelo + Continer, M1 (g)	43.26	41.79	42.60
Masa seca de suelo + Continer, M2 (g)	36.96	36.20	36.76
Masa del continer, M3 (g)	21.24	21.50	20.50
Contenido de agua, W, (%)	40.08	38.03	35.92
Numero de Golpes	16	26	33

Equipamiento	Balanza	BAL-70
	Horno	HOR-04
	Copa casa grande	CCG-06
	Ramador	RCCG-109

Condiciones ambientales de ensayo	Temperatura	23.3 °C
	Humedad	74.0%

LÍMITE PLÁSTICO		
Contenedor, No.	8	37
Masa húmeda de suelo + Continer, M1 (g)	16.75	16.40
Masa seca de suelo + Continer, M2 (g)	15.05	15.59
Masa del continer, M3 (g)	9.92	9.11
Contenido de agua, W, (%)	33.14	12.50

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite líquido	38
Límite plástico	23
Índice plástico	15

- Observaciones del ensayo
- \* Masa retenida tamiz N°40 (%): 7.1
  - \* Humedad de recepción: 11
  - \* Tamaño máximo de partículas: 3/8 in.
  - \* Clasificación según carta de plasticidad: ML



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Burga Fernandez  
 REG. CTR. 141278

Autorizado por: Ing. Secundino Burga Fernandez

\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
 \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
 \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
 (\*\*\*) Datos proporcionados por el cliente.  
 (\*\*\*\*) El método indicado ha sido acreditado por el INACAL - DA.





# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-748

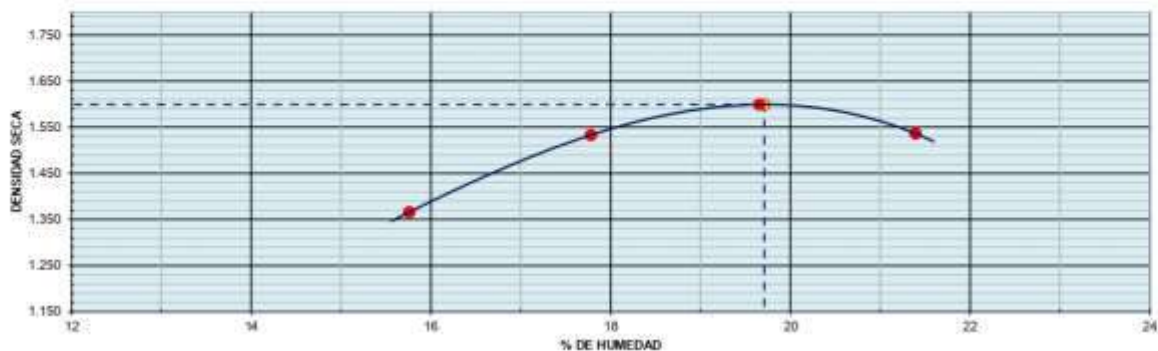
PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14/11/2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**)	: -
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alomo	MUESTREADO POR (**)	: -
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 12% Ceniza de Acerrín + 20% Polvo de Ladrillo.	FECHA DE RECEPCION	: 14/11/2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	FECHA DE ENSAYO	: 15/11/2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISION	: 14/12/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-4475		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN·m/m³ (56 000 pie·lb/pe³)). 1ª Edición. (\*\*\*\*)

NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volumen del molde (cm³)	918	PESO DEL MOLDE (g)		4198	METODO	"A"
Número de ensayos		1	2	3	4	
Peso molde + molde (g)		5650	5855	5954	5910	
Peso suelo húmedo compactado (g)		1452	1657	1756	1712	
Peso volumétrico húmedo		1.582	1.805	1.913	1.865	
Contenido de humedad						
Número de recipientes		1	2	3	4	
Peso suelo húmedo + tara (g)		551.6	572.3	592.9	407.4	
Peso suelo seco + tara (g)		476.5	483.9	495.5	335.6	
Peso de la tara (g)		0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua (g)		75.1	88.4	97.4	71.8	
Peso de suelo seco (g)		476.5	483.9	495.5	335.6	
Contenido de agua		15.76	17.78	19.66	21.39	
Peso volumétrico seco		1.366	1.533	1.599	1.536	
Densidad máxima seca	1.899	g/cm³		Humedad óptima		19.71 %

## GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundario Víctor Fernández  
 19057  
 REG. STA. 19057



Revisado y aprobado

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-748

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerón y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tino Flavio Alonso	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 12% Ceniza de Acerón + 20% Polvo de Ladrillo	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14/11/2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 15/11/2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-4475		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez		

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*\*)

NIP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica	13		14		8		
	5		5		5		
Golpes por capa Nº		56		23		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	
Peso molde + suelo húmedo	11830	11870	11781	11895	11810	11973	
Peso de molde	7576	7576	7704	7704	7931	7931	
Peso de suelo húmedo	4254	4294	4077	4191	3879	4042	
Volumen del molde	2123	2123	2130	2130	2123	2123	
Densidad húmeda	2.004	2.023	1.914	1.968	1.827	1.904	
% de humedad	25.30	27.30	25.20	29.52	25.22	31.38	
Densidad seca	1.599	1.589	1.529	1.519	1.459	1.449	
<b>Contenido de humedad</b>							
Nº de tarro	-	-	-	-	-	-	
Tarro + suelo húmedo	620.1	620.1	585.3	585.3	480.2	480.2	
Tarro + suelo seco	484.9	487.1	467.5	451.9	383.5	365.5	
Peso de agua	135.2	133.0	117.8	133.4	96.7	114.7	
Peso de tarro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso del suelo seco	484.9	487.1	467.5	451.9	383.5	365.5	
% de humedad	25.30	27.30	25.20	29.52	25.22	31.38	

#### Expansión

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
15/11/23	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
16/11/23	14:30	22	38.9	0.99	0.9	61.3	1.56	1.3	85.5	2.17	1.9
17/11/23	14:30	42	55.3	1.40	1.2	75.4	1.92	1.7	100.4	2.55	2.2
18/11/23	14:30	65	72.4	1.84	1.6	91.4	2.32	2.0	112.1	2.85	2.5
19/11/23	14:30	95	84.5	2.15	1.9	102.4	2.60	2.3	123.1	3.13	2.7

#### Penetración

Penetración	Carga Stand.	Molde Nº 15				Molde Nº 14				Molde Nº 8			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección				
	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		18.3	1			11.5	1			7.9	0		
0.050		27.6	1			19.4	1			14.2	1		
0.075		41.7	2			32.8	2			21.7	1		
0.100	70.3	54.3	3	3.1	4.4	40.8	3	2.6	3.7	38.2	2	2.5	3.5
0.125		70.6	4			61.2	3			51.8	3		
0.150		83.6	4			70.2	4			62.8	3		
0.200	101.5	118.5	6	6.0	5.7	98.9	5	5.1	4.9	81.0	4	4.1	4.5
0.300		149.5	8			132.2	7			113.6	6		
0.400		182.5	8			143.2	7			121.6	6		
0.500		197.9	10			126.7	6			112.7	6		

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Director General: Victor Javier Leiva Fernandez  
 RUC: 20487357465

Revisado y aprobado



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

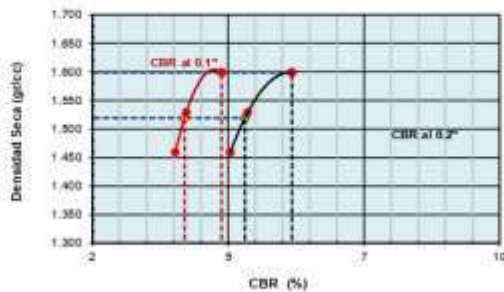
## INFORME DE ENSAYO S23-748

PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerin y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos"		
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque		
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14/11/2023
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 12% Ceniza de Acerin + 20% Polvo de Ladrillo	HORA DE MUESTREO (**)	: -
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	MUESTREADO POR (**)	: -
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE RECEPCION	: 14/11/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-4475	FECHA DE ENSAYO	: 15/11/2023
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez	FECHA DE EMISION	: 14/12/2023

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*)

NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

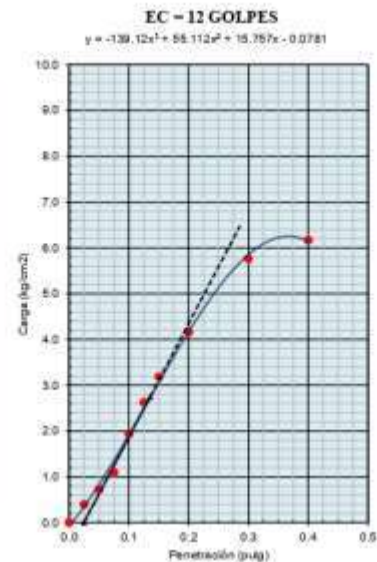
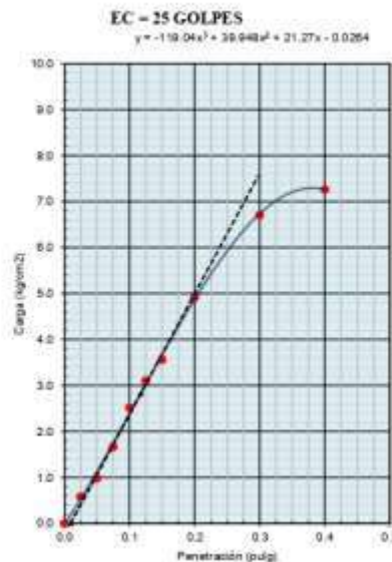
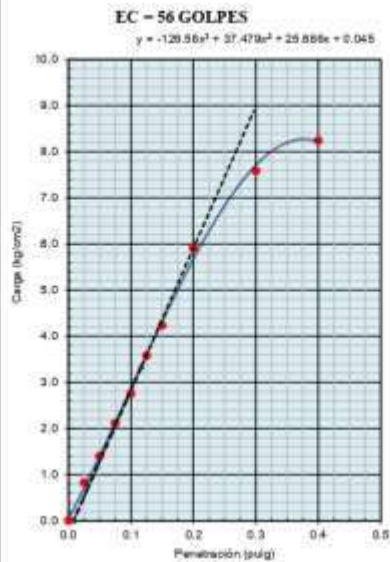
#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1":	4.4	0.2":	5.7
--------------------------	-------	-----	-------	-----

C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1":	3.7	0.2":	4.8
-------------------------	-------	-----	-------	-----

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.599	g/cm³
Optimo Humedad	19.71	%



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Director: Victor Fernandez  
 M.E.C. 012110278

Revisado y aprobado:



\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
 \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
 \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
 (\*\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO 523-748

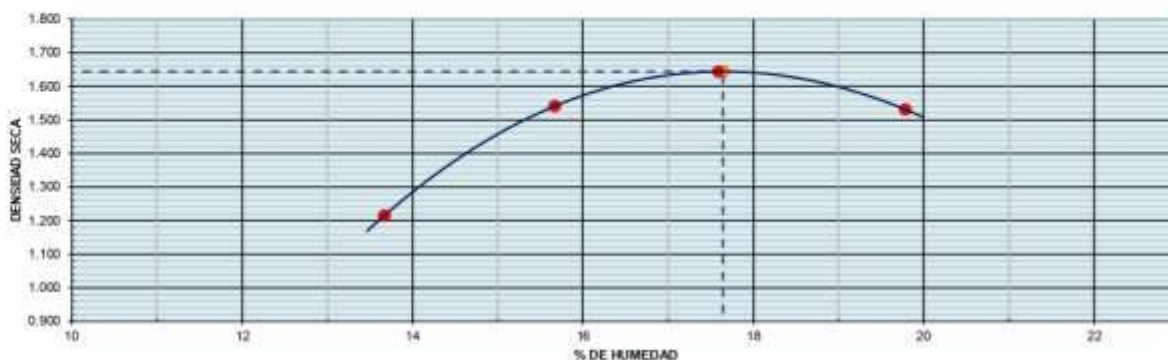
PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerra y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".		
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque		
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso.	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14/11/2023
MATERIAL (*)	: Terreno Natural + 6% Cal + 12% Ceniza de Acerra + 20% Polvo de Ladrillo.	HORA DE MUESTREO (**)	: -
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	MUESTREADO POR (**)	: -
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE RECEPCION:	: 14/11/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-4475	FECHA DE ENSAYO:	: 15/11/2023
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez	FECHA DE EMISION:	: 14/12/2023

SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m' (56 000 pie-lb/pe'). 1ª Edición. (\*\*\*)

NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918	PESO DEL MOLDE (g)		4198	METODO	"A"
Número de ensayos		1	2	3	4	
Peso molde + molde (g)		5466	5834	5971	5882	
Peso suelo húmedo compactado (g)		1268	1636	1775	1654	
Peso volumétrico húmedo		1.381	1.782	1.934	1.834	
Contenido de humedad						
Número de recipiente		1	2	3	4	
Peso suelo húmedo + tara (g)		286.9	262.8	316.2	310.6	
Peso suelo seco + tara (g)		252.4	227.2	268.9	259.3	
Peso de la tara (g)		0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua (g)		34.5	35.6	47.3	51.3	
Peso de suelo seco (g)		252.4	227.2	268.9	259.3	
Contenido de agua		13.67	15.67	17.59	19.78	
Peso volumétrico seco		1.215	1.341	1.644	1.331	
Densidad máxima seca:	1.644	g/cm <sup>3</sup>		Humedad óptima:		17.64 %

## GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundario Victor Fernández  
 NPT 339.141:1999

Revisado y aprobado.



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-748

PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos"	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14/11/2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**)	: -
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Meaño. Guerrero Tineo Flavio Alonso	MUESTREO POR (**)	: -
MATERIAL (**)	: Terreno Natural - 6% Cal + 12% Ceniza de Acerín + 20% Polvo de Ladrillo	FECHA DE RECEPCION	: 14/11/2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	FECHA DE ENSAYO	: 15/11/2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISION	: 14/12/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-4475		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*) NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica		3		21		30	
N° de molde		3		21		30	
N° cajas		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Condición de la muestra		No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo		12161	12205	11647	11754	11684	11849
Peso de molde		8031	8031	7711	7711	7910	7910
Peso de suelo húmedo		4130	4174	3936	4043	3774	3939
Volumen del molde		2110	2110	2099	2099	2109	2109
Densidad húmeda		1.957	1.978	1.875	1.926	1.789	1.868
% de humedad		19.07	21.07	19.14	23.17	18.98	25.00
Densidad seca		1.644	1.634	1.574	1.564	1.504	1.494
Contenido de humedad							
N° de tarro		-	-	-	-	-	-
Tarro + suelo húmedo		360.1	360.1	372.8	372.8	428.8	428.8
Tarro + suelo seco		302.4	297.4	312.9	302.7	360.4	343.0
Peso de agua		57.7	62.7	59.9	70.1	68.4	85.8
Peso de tarro		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco		302.4	297.4	312.9	302.7	360.4	343.0
% de humedad		19.07	21.07	19.14	23.17	18.98	25.00

#### Expansión

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
15/11/23	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
16/11/23	14:30	22	38.9	0.99	0.9	61.3	1.56	1.3	85.5	2.17	1.9
17/11/23	14:30	42	55.3	1.40	1.2	75.4	1.92	1.7	100.4	2.55	2.2
18/11/23	14:30	65	72.4	1.84	1.6	91.4	2.32	2.0	112.1	2.85	2.5
19/11/23	14:30	95	84.5	2.15	1.9	102.4	2.60	2.3	123.1	3.13	2.7

#### Penetración

Penetración	Carga Stand	Molde N° 3				Molde N° 21				Molde N° 30			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Dial (dn)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (dn)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (dn)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		16.7	1			8.3	0			8.3	0		
0.050		29.5	1			19.8	1			19.8	1		
0.075		41.9	2			30.4	2			21.7	1		
0.100	70.3	56.2	3	2.9	4.2	45.7	2	2.1	3.6	36.8	2	2.3	3.2
0.125		68.8	3			60.7	3			43.8	2		
0.150		84.2	4			68.8	3			52.7	3		
0.200	105.5	110.8	6	5.6	5.3	80.7	5	4.8	4.6	78.0	4	4.3	4.1
0.300		136.8	7			114.3	6			98.4	5		
0.400		150.4	8			124.2	6			106.4	5		
0.500		180.2	8			140.1	8			112.7	6		

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Victor Javier Leiva Fernandez  
 Ing. Civil N° 11278

Revisado y aprobado



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



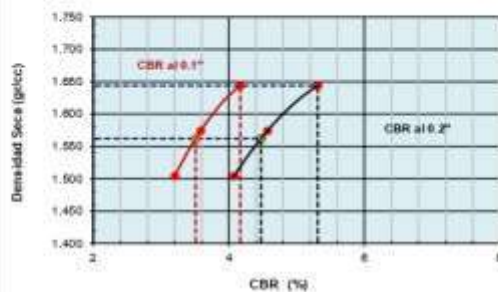
# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-748

PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrín y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**):	14/11/2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**):	-
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	MUESTREADO POR (**):	-
MATERIAL (**)	: Terreno Natural = 6% Cal + 12% Ceniza de Acerrín + 20% Polvo de Ladrillo	FECHA DE RECEPCION:	14/11/2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISION:	14/12/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-4475		
TECNICO ENCARGADO	: Victor Javier Leiva Fernandez		

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición (\*\*\*) NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

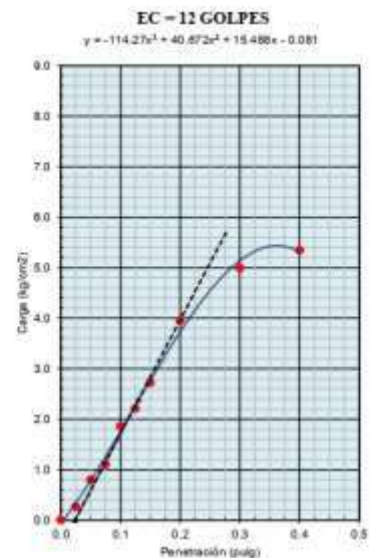
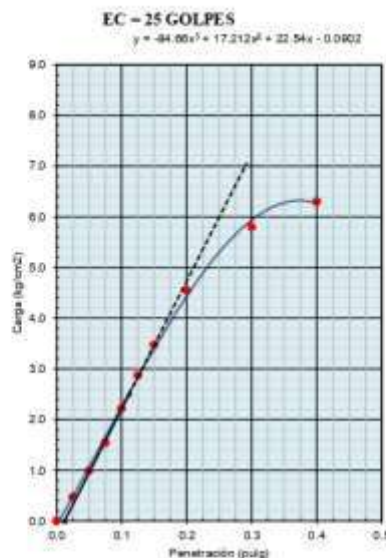
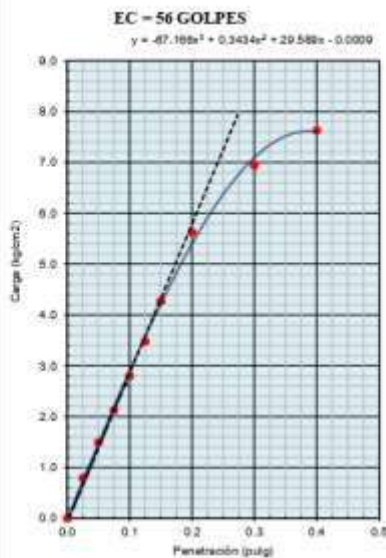
#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1":	4.2	0.2":	5.3
--------------------------	-------	-----	-------	-----

C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1":	3.5	0.2":	4.5
-------------------------	-------	-----	-------	-----

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.644	g/cm³
Optimo Humedad	17.64	%



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Nuestro compromiso es con la calidad

Revisado y aprobado.



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estado destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.





# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO 523-748

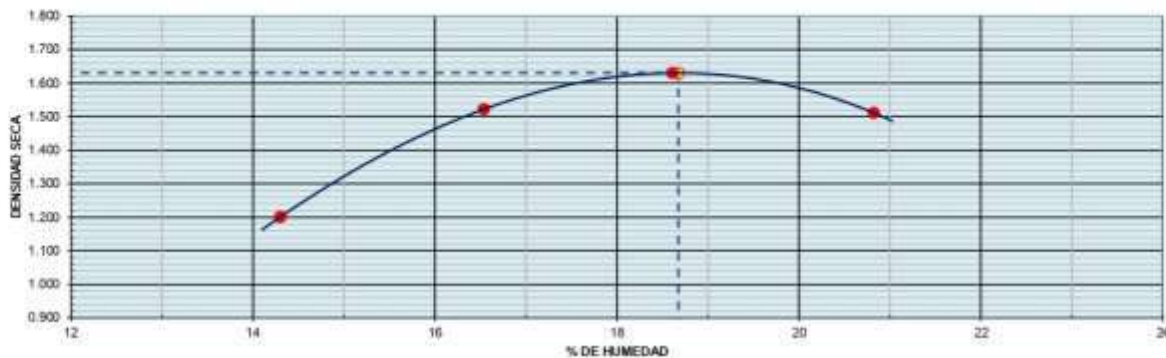
PROYECTO (**)	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acerrn y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".	FECHA DE MUESTREO (**)	: 14/11/2023
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo - Lambayeque	HORA DE MUESTREO (**)	: -
SOLICITANTE (**)	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	MUESTREADO POR (**)	: -
MATERIAL (**)	: Terreno Natural + 6% Cal + 12% Ceniza de Acerrn + 20% Polvo de Ladrillo.	FECHA DE RECEPCION	: 14/11/2023
CODIGO DE MUESTRA (**)	: -	FECHA DE ENSAYO	: 15/11/2023
COORDENADAS (**)	: -	FECHA DE EMISION	: 14/12/2023
CÓDIGO ÚNICO	: M23-4475		
TECNICO ENCARGADO	: Víctor Javier Leiva Fernández		

**SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN·m/m<sup>2</sup> (56 900 pie·lb/ft<sup>2</sup>)). 1.ª Edición (\*\*\*)**

**NTP 339.141:1999 (revisada el 2019)**

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918	PESO DEL MOLDE (g) :		4198	METODO	"A"
Número de ensayos		1	2	3	4	
Peso molde + molde (g)		5458	5826	5963	5874	
Peso suelo húmedo compactado (g)		1260	1628	1775	1676	
Peso volumétrico húmedo		1.373	1.773	1.934	1.826	
Contenido de humedad						
Número de recipiente		1	2	3	4	
Peso suelo húmedo + tara (g)		298.9	274.8	328.2	322.6	
Peso suelo seco + tara (g)		261.5	235.8	276.7	267.0	
Peso de la tara (g)		0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua (g)		37.4	39.0	51.5	55.6	
Peso de suelo seco (g)		261.5	235.8	276.7	267.0	
Contenido de agua		14.30	16.54	18.61	20.82	
Peso volumétrico seco		1.201	1.522	1.630	1.511	
Densidad máxima seca	1.630	g/cm <sup>3</sup>		Humedad óptima		18.68 %

### GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundario Víctor Fernández  
 INEVAL 111111  
 REG. CTR. 111111



Revisado y aprobado

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO S23-748

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acernn y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos"	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 12% Ceniza de Acernn + 20% Polvo de Ladrillo	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14/11/2023
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 15/11/2023
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023
<b>CÓDIGO ÚNICO</b>	: M23-4475		
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez		

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición. (\*\*\*)

NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### DATOS DE ENSAYO

Densidad volumétrica						
N° de molde	9		25		31	
N° capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	11128	11170	11522	11628	11360	11519
Peso de molde	7145	7145	7639	7639	7721	7721
Peso de suelo húmedo	3983	4025	3883	3989	3639	3798
Volumen del molde	2123	2123	2160	2160	2112	2112
Densidad húmeda	1.876	1.896	1.798	1.847	1.723	1.798
% de humedad	15.10	17.04	15.24	19.14	15.65	21.51
Densidad seca	1.630	1.620	1.560	1.550	1.490	1.480
Contenido de humedad						
N° de tarro	-		-		-	
Tarro + suelo húmedo	348.1	348.1	360.6	360.6	416.8	416.8
Tarro + suelo seco	302.4	297.4	312.9	302.7	360.4	343.0
Peso de agua	45.7	50.7	47.7	57.9	56.4	73.8
Peso de tarro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	302.4	297.4	312.9	302.7	360.4	343.0
% de humedad	15.10	17.04	15.24	19.14	15.65	21.51

#### Expansión

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
15/11/23	14:30	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16/11/23	14:30	22	38.9	0.99	0.9	61.3	1.56	1.3	85.5	2.17	1.9
17/11/23	14:30	42	55.3	1.40	1.2	75.4	1.92	1.7	100.4	2.55	2.2
18/11/23	14:30	63	72.4	1.84	1.6	91.4	2.32	2.0	112.1	2.85	2.5
19/11/23	14:30	95	84.5	2.15	1.9	102.4	2.60	2.3	123.1	3.13	2.7

#### Penetración

Penetración	Carga Stand	Molde N° 9				Molde N° 25				Molde N° 31			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		15.7	1			9.3	0			5.3	0		
0.050		29.5	1			19.8	1			15.8	1		
0.075		41.8	2			30.4	2			21.7	1		
0.100	70.1	58.2	3	2.9	4.2	45.7	2	2.5	3.6	36.8	2	2.3	3.2
0.125		68.6	3			50.7	3			43.8	2		
0.150		84.2	4			58.5	3			50.7	3		
0.200	101.1	110.9	8	5.6	5.1	80.7	3	4.1	4.8	70.0	4	4.1	4.1
0.300		136.8	7			114.3	6			88.4	5		
0.400		190.4	8			124.2	8			105.4	7		
0.500		160.2	8			149.1	8			112.7	8		

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Victor Javier Leiva Fernandez  
 NTP 339.145:1999

Revisado y aprobado



\* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.  
 \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.  
 \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.  
 (\*\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

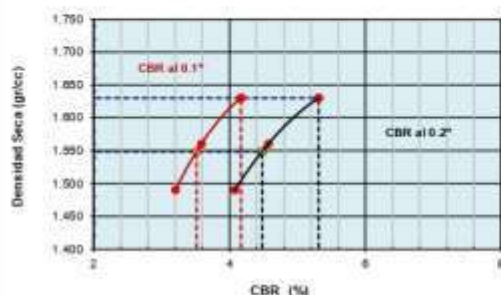
## INFORME DE ENSAYO S23-748

<b>PROYECTO (**)</b>	: "Estudio Experimental y Numérico Utilizando Cal, Ceniza de Acedra y Polvo de Ladrillo Para La Estabilización de Suelos Expansivos".		
<b>UBICACIÓN (**)</b>	: Chiclayo - Lambayeque.		
<b>SOLICITANTE (**)</b>	: Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso.	<b>FECHA DE MUESTREO (**)</b>	: 14/11/2023
<b>MATERIAL (**)</b>	: Terreno Natural + 6% Cal + 12% Ceniza de Acedra + 20% Polvo de Ladrillo.	<b>HORA DE MUESTREO (**)</b>	: -
<b>CODIGO DE MUESTRA (**)</b>	: -	<b>MUESTREADO POR (**)</b>	: -
<b>COORDENADAS (**)</b>	: -	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 14/11/2023
<b>CODIGO ÚNICO</b>	: M23-4475	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 15/11/2023
<b>TECNICO ENCARGADO</b>	: Victor Javier Leiva Fernandez	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/12/2023

### SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición. (\*\*\*)

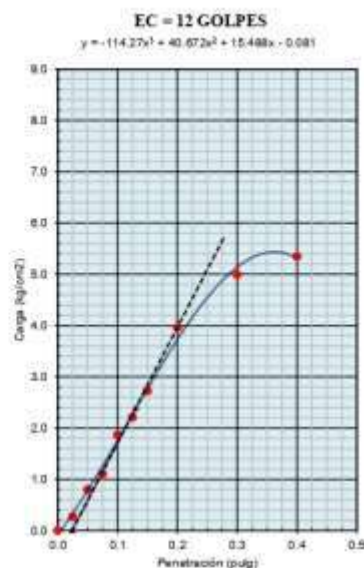
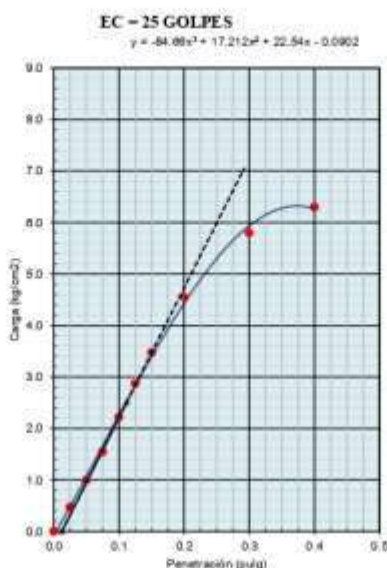
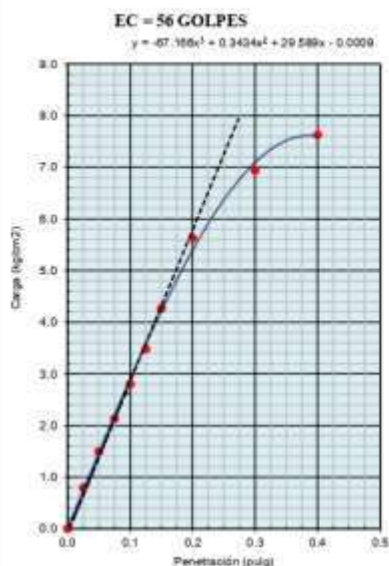
NTP 339.145:1999 (revisada el 2019)

#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S.</b>	<b>0.1":</b>	<b>4.2</b>	<b>0.2":</b>	<b>5.3</b>
<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S.</b>	<b>0.1":</b>	<b>3.5</b>	<b>0.2":</b>	<b>4.5</b>

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.630	g/cm³
Optimo Humedad	18.68	%



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundario "Bartolomé Fernández"  
 No. 571112728

Revisado y aprobado.



- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.





# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.C.

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: [servicios.lab20@gmail.com](mailto:servicios.lab20@gmail.com)



## INFORME DE ENSAYO

**PROYECTO** : "ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO UTILIZANDO CAL, CENIZA DE ACERRÍN Y POLVO DE LADRILLO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS : EXPANSIVOS",  
**UBICACIÓN** : Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque  
**CLIENTE** : Diego Antonio Velez Mendoza, Guerrero Tineo Flavio Alonso  
**MUESTRA** : Terreno Natural + Ceniza de Acerrín  
**TIPO DE PRODUCTO** : Suelo - Ceniza

**FECHA DE ENSAYO** : Indicada  
**RESP. LAB.** : S.B.F.  
**TEC. LAB.** : V.J.L.F

## RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CENIZA

PROBETA Nº	ESTRUCTURA	FECHA ROTURA	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	RELACIÓN L/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO PROBETA (gr)	CARGA		RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>
								KN	kg	
1	TERRENO NATURAL + CENIZA (500 °C)	20/11/2023	101.60	204.50	2.01	81.1	2896.0	1.6	164.2	2.0
2	TERRENO NATURAL + CENIZA (600 °C)	20/11/2023	101.90	205.70	2.02	81.6	2942.0	3.7	378.3	4.6
3	TERRENO NATURAL + CENIZA (700 °C)	20/11/2023	102.40	204.70	2.00	82.4	3027.0	3.8	387.5	4.7

Observaciones :

- \* El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra emitida.
- \* Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe es imparcial y confidencial, lo cual esta destinado única y exclusivamente al cliente.

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundaria, Esf. 103, Ferrnández  
 s.a.c. - 948 852 622





### REPORTE DE ANÁLISIS N° 093 - FIQIA

1. DATOS DE TESIS: GUERRERO TINEO FLAVIO ALONSO  
VELEZ MENDOZA DIEGO ANTONIO
2. TESIS: Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos.

---

#### 3. DATOS DE LA MUESTRA

- Número de muestras : 1
- Nombre de la muestra : CENIZA DE ASERRÍN (CA)

#### 4. RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO (mg/L)	LCM*	CA (mg/Kg)
Plata – Ag	0.019	1.12
Aluminio - Al	0.023	1892.00
Arsénico - As	0.005	<LCM
Boro - B	0.026	5.85
Bario - Ba	0.004	300.57
Berilio - Be	0.003	23.32
Bismuto - Bi	0.016	<LCM
Calcio - Ca	0.124	8604.09
Cadmio - Cd	0.002	143.06
Cerio - Ce	0.004	31.51
Cobalto - Co	0.002	<LCM
Cromo - Cr	0.003	<LCM
Cobre - Cu	0.018	262.40
Hierro - Fe	0.023	3049.78
Potasio - K	0.051	522.50
Litio – Li	0.005	<LCM
Magnesio - Mg	0.019	7845.86
Manganeso - Mn	0.003	264.20
Molibdeno - Mo	0.002	<LCM
Sodio - Na	0.026	803.25
Níquel - Ni	0.006	<LCM
Fósforo - P	0.024	716.89
Plomo - Pb	0.004	27.86
Azufre - S	0.091	2247.19
Antimonio - Sb	0.005	1.73
Selenio - Se	0.007	4.74
Estaño - Sn	0.007	49.73
Estroncio - Sr	0.003	99.61
Titanio - Ti	0.004	864.70



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



Talio - Tl	0.003	<LCM
Uranio - U	0.004	<LCM
Vanadio - V	0.004	<LCM
Zinc - Zn	0.018	326.67
Oxido de Silicio - SiO <sub>2</sub>	0.003	50279.33
Metodología	EPA 200.5 para la determinación de metales	

\*LCM (Límite Cuantificable Mínimo)

**5. BALANCE DE OXIDOS**

PARÁMETRO	CA (%)
Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6.75
Óxido de calcio (CaO)	11.37
Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	8.24
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	1.19
Oxido de magnesio (MgO)	12.29
Óxido de manganeso (MnO)	0.39
Óxido de sodio (Na <sub>2</sub> O)	2.04
óxido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3.10
Óxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	4.24
Óxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	1.36
Óxido de zinc (ZnO)	0.38
Óxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	47.48
Óxido de estroncio (SrO)	0.11

**6. ALCANCE**

- La muestra de CENIZA DE ASERRIN se tamizó a malla 100, para luego someter a digestión ácida (HCl / HNO<sub>3</sub>), de esa forma proceder a lectura por ICP-OES (marca TELEDYNE LEEMAN LABS /modelo PRODIGY 7), teniendo en cuenta la metodología EPA 200.5 para la determinación de metales.
- Para el balance de óxidos se tomó como base las lecturas obtenidas en el análisis de ICP-OES.

Firma		Firma	 Cristian David Visconde Beltrán INGENIERO QUÍMICO REG. CIP. 111172
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Vilchez	V°B°	Ing. Cristian David Visconde Beltrán
Fecha de Reporte		27 de setiembre del 2024	



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO

CODIGO DE IDENTIFICACION : MI24-0339

### 1. DATOS DEL PROYECTO:

1.1 Solicitante : Diego Antonio Velez Mendoza, Flavio Alonso Guerrero Tineo.  
1.2 Proyecto : Estudio Experimental y numerico utilizando cal, ceniza de acerrin y polvo de Ladrillo para la estabilización de suelos expansivos.

### 2. FECHAS

2.1 Fecha de Recepción de Muestra : 18/10/2024  
2.1 Fecha de Emisión del Informe : 20/10/2024

### 3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1 Temperatura : 25 °C  
3.2 Humedad Relativa: 65 % H.R.

### 4. DESCRIPCION DE LA MUESTRA

4.1 Nombre del Producto : Terreno Natural - Arcilla de alta plasticidad  
4.2 Cantidad de Muestra : 5 kg  
4.1 Tipo de Muestra : Remoldeada

### 5. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

5.1 Ensayo solicitado/Metodo Utilizado : Ensayo de Expansion Libre ASTM-D4546/ NTP 339.170

## RESULTADOS DE ENSAYO DE EXPANSION LIBRE ASTM-D4546 / NTP 339.170

#### Expansion Libre

DATOS	Anillo	Anillo +muestra	Muestra
Peso (gr)	13,8	142,5	128,7
Diametro (cm)	6,77	6,77	6,77
Altura (cm)	1,77	1,77	1,77
AREA			35,997
VOLUMEN			63,81

Humedades				
	Inicial		Final	
Recipiente	42,5	Recipiente	50,3	52,3
Rec + anillo hum	142,5	Rec + anillo hum	162,5	166,5
Rec + anillo seco	118,2	Rec + anillo seco	128,3	132,1
Humedad %	20,6	Humedad %	26,7	26,0
		Promedio	26,3	

#### Lecturas

DIA	HORA	MINUTOS	VUELTA	MEDIDA	LECTURA	A H(mm)	% De Expansion
1	13:26:00	0	0	0,50	0,1	0,00	0,20
1	13:30:00	4	0	0,90	0,5	0,01	0,56
1	13:38:00	8	0	3,50	2	0,05	0,57
1	14:03:00	25	1	4,00	3	0,08	0,75
1	16:03:00	120	2	6,10	5	0,13	0,82
1	20:35:00	272	3	8,40	8	0,20	0,95
2	21:28:00	1493	3	3,00	10	0,25	3,33
2	00:18:00	1610	4	4,50	21	0,53	4,67
2	04:27:00	1689	4	6,70	32	0,81	4,78
3	05:39:00	2952	5	7,30	51	1,30	6,99

#### NOTA :

- \* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial, estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (\*\*) Datos proporcionados por el cliente.



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Burga Fernández  
ING. CIVIL 169278

Ing. Secundino Burga Fernández  
CIP:169278



## Anexo 12. CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE EQUIPOS



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO  
N°LC - 020



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° de Certificado:	0074-TPES-C-2022
N° de Orden de trabajo:	0624
Solicitante:	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Dirección:	Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito
Instrumento de Medición:	HORNO
Identificación:	HOR-04
Marca:	PERUTEST
Modelo:	PT-H76
Serie:	0114
Ubicación:	ÁREA DE SUELOS
Fecha de calibración:	2022-11-08
Tipo de ventilación:	Ventilación forzada
Posición de ventilación:	Cerrado
Superficies internas:	2
Carga utilizada (%):	50%
Tipo de Indicador:	Digital
Intervalo de Indicación (del indicador):	-100 °C a 300 °C
Resolución (del indicador):	0,1 °C
Tipo de Selector:	Digital
Intervalo de Indicación (del selector):	-100 °C a 300 °C
Resolución (del selector):	0,1 °C
Temperatura de calibración:	60 °C ± 5 °C ; 110 °C ± 5 °C

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado de 95%, determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PESATEC PERU S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.



#### Fecha de Emisión



2022-11-14

Firmado digitalmente por  
JURUPE  
MELGAREJO  
SANDRA  
ESPERANZA  
Fecha: 2022-11-14  
12:42:59

#### Autorizado por

Sandra Jurupe Melgarejo  
Gerente Técnico

RT08-F28

Revisión: 01

Elaborado: JCFA

Revisado: JMSE

Aprobado: NGJC

Página 1 de 10

Av. Condevilla 1269 Urb. El Olivar - Callao | Telef. 4848092 - 4847633 - 7444303 - 7444306 | Celular: 994080329 - 975525151  
Email: ventas@pesatec.com | Website: www.pesatec.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PESATEC PERU S.A.C

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0074-TPES-C-2022**

**Método de calibración:**

La Calibración se ha realizado mediante la determinación de la temperatura, por comparación directa siguiendo el procedimiento: PC-018 "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático"-SNM-INDECOPI (Segunda Edición).

**Lugar de calibración:**

ÁREA DE SUELOS  
Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito

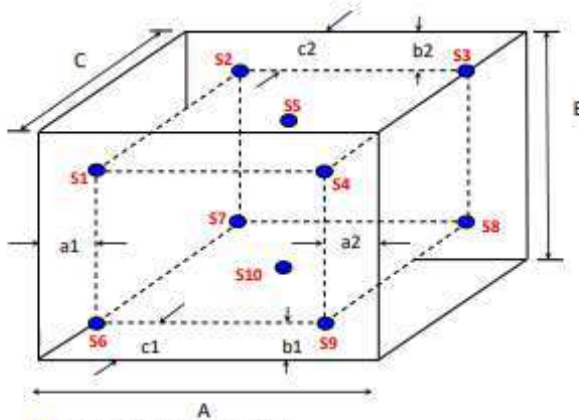
**Condiciones ambientales durante la calibración**

	Inicial	Final
Temperatura	21,0 °C	22,1 °C
Humedad Relativa	70,7 %	69,7 %

**Patrón utilizado**

Nombre del patrón	Código de patrón	N° de Certificado	Trazabilidad
Termómetro digital multicanal con incertidumbre de calibración no mayor a 0,17 °C	TM02 (T-01 al T-10)	0032-TPES-C-2022	Patrones de referencia del laboratorio de PESATEC PERU S.A.C.

**Distribución de los sensores dentro del medio isotermo**



● = Sensor de Temperatura

A, B, C = Dimensiones del Volumen Interno

a, b, c = Aproximadamente 1/10 a 1/4 de las dimensiones del volumen interno

Los sensores S5 y S10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles

**Ubicación de parrillas durante la calibración:**

Distancia de parrilla superior a la base interna: 32 cm por encima de la base.

Distancia de parrilla inferior a la base interna: 12 cm por encima de la base.

**Dimensiones internas**

A = 45,0 cm  
B = 45,0 cm  
C = 35,0 cm

**Ubicación de los sensores**

a1 = 8,0 cm  
b1 = 8,0 cm  
c1 = 7,0 cm  
  
a2 = 8,0 cm  
b2 = 8,0 cm  
c2 = 7,0 cm

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0074-TPES-C-2022**

**Posición del controlador / selector antes del ajuste**

No se realizó el ajuste.

**Resultados de Medición**

Tiempo	Equipo °C	Temperatura de calibración 60,0 °C ± 5,0 °C										T. prom. °C	ΔT. °C
		Indicaciones corregidas de los 10 sensores expresados en °C											
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10		
11:30	59,8	59,2	59,6	59,7	59,0	59,3	58,3	60,6	60,0	58,6	58,8	59,3	2,3
11:32	60,0	59,2	59,9	59,9	59,1	59,7	58,2	60,9	60,2	58,7	59,1	59,5	2,7
11:34	60,0	59,3	59,7	59,8	59,2	59,4	58,4	60,8	60,1	58,6	59,1	59,4	2,4
11:36	60,0	59,2	60,0	59,8	59,3	59,5	58,3	61,0	60,1	58,7	59,1	59,5	2,7
11:38	60,0	59,4	59,8	60,0	59,2	59,6	58,4	60,8	60,4	58,9	59,0	59,6	2,4
11:40	60,2	59,4	59,8	60,2	59,3	59,7	58,5	60,9	60,5	59,0	59,1	59,6	2,4
11:42	60,1	59,6	59,9	60,1	59,4	59,6	58,7	61,0	60,5	58,9	59,3	59,7	2,3
11:44	60,0	59,6	59,9	60,0	59,3	59,6	58,6	60,9	60,4	58,9	59,3	59,7	2,3
11:46	60,0	59,3	60,0	60,0	59,2	59,8	58,5	61,0	60,3	59,0	59,2	59,6	2,5
11:48	60,0	59,4	59,8	59,9	59,3	59,5	58,6	60,9	60,3	58,8	59,3	59,6	2,2
11:50	60,0	59,4	59,9	59,8	59,3	59,5	58,6	60,9	60,2	58,7	59,3	59,6	2,3
11:52	60,0	59,4	60,0	59,9	59,4	59,5	58,5	61,0	60,2	58,8	59,3	59,6	2,5
11:54	60,0	59,4	59,9	60,1	59,3	59,7	58,5	60,9	60,5	59,0	59,2	59,7	2,4
11:56	60,0	59,3	60,1	59,9	59,3	59,7	58,5	61,1	60,3	58,9	59,4	59,7	2,6
11:58	60,0	59,5	59,9	60,1	59,3	59,6	58,7	60,9	60,4	58,8	59,4	59,7	2,2
12:00	60,0	59,4	60,0	59,9	59,4	59,6	58,6	61,1	60,3	58,8	59,4	59,7	2,5
12:02	60,0	59,4	59,9	59,7	59,3	59,5	58,5	60,9	60,2	58,7	59,4	59,6	2,4
12:04	59,8	59,2	59,8	59,8	59,0	59,5	58,4	60,7	60,3	58,8	59,2	59,5	2,3
12:06	59,9	59,2	59,7	59,9	59,0	59,6	58,4	60,7	60,4	58,8	59,2	59,5	2,3
12:08	59,9	59,3	59,7	59,8	59,2	59,4	58,5	60,6	60,3	58,7	59,3	59,5	2,1
12:10	59,9	59,2	59,9	59,8	59,1	59,6	58,4	60,9	60,1	58,8	59,1	59,5	2,5
12:12	60,0	59,2	59,9	59,9	59,1	59,7	58,3	60,9	60,2	58,8	59,2	59,5	2,6
12:14	60,0	59,5	60,0	60,0	59,5	59,6	58,6	61,0	60,3	59,0	59,3	59,7	2,4
12:16	60,1	59,5	60,0	59,9	59,5	59,6	58,6	61,1	60,3	59,1	59,4	59,7	2,5
12:18	60,0	59,5	59,8	59,9	59,4	59,5	58,7	60,9	60,3	58,8	59,5	59,6	2,2
12:20	60,0	59,3	60,0	59,9	59,3	59,8	58,5	61,0	60,3	58,9	59,4	59,6	2,5
12:22	60,1	59,5	59,8	60,1	59,3	59,8	58,7	60,9	60,5	59,0	59,4	59,7	2,2
12:24	60,0	59,4	60,0	59,9	59,3	59,7	58,5	61,1	60,3	58,9	59,5	59,7	2,6
12:26	60,1	59,5	59,9	60,1	59,3	59,7	58,7	60,9	60,5	59,1	59,4	59,7	2,2
12:28	60,1	59,6	60,0	60,1	59,5	59,7	58,8	61,0	60,4	58,9	59,7	59,8	2,2
12:30	60,1	59,6	60,0	60,0	59,5	59,7	58,8	61,1	60,4	58,9	59,7	59,8	2,3
<b>T. PROM.</b>	60,0	59,4	59,9	59,9	59,2	59,6	58,5	60,9	60,3	58,9	59,3	<b>Temperatura promedio general</b>	
<b>T. MAX</b>	60,2	59,6	60,1	60,2	59,5	59,8	58,8	61,1	60,5	59,1	59,7		
<b>T. MIN</b>	59,8	59,2	59,6	59,7	59,0	59,3	58,2	60,6	60,0	58,6	58,8		
<b>DTT</b>	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,9		

**RESUMEN DE RESULTADOS**

PARÁMETROS	VALOR	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA
Máxima temperatura registrada durante la calibración	61,1 °C	0,3 °C
Mínima temperatura registrada durante la calibración	58,2 °C	0,3 °C
Desviación de Temperatura en el Tiempo (DTT)	0,9 °C	0,1 °C
Desviación de Temperatura en el Espacio (DTE)	2,4 °C	0,4 °C
Estabilidad ( ± )	0,45 °C	0,05 °C
Uniformidad	2,7 °C	0,4 °C

RT08-F28

Revisión: 01

Elaborado: JCFA

Revisado: JMSE

Aprobado: NGJC

Página 3 de 10

306 | Cel:

15151

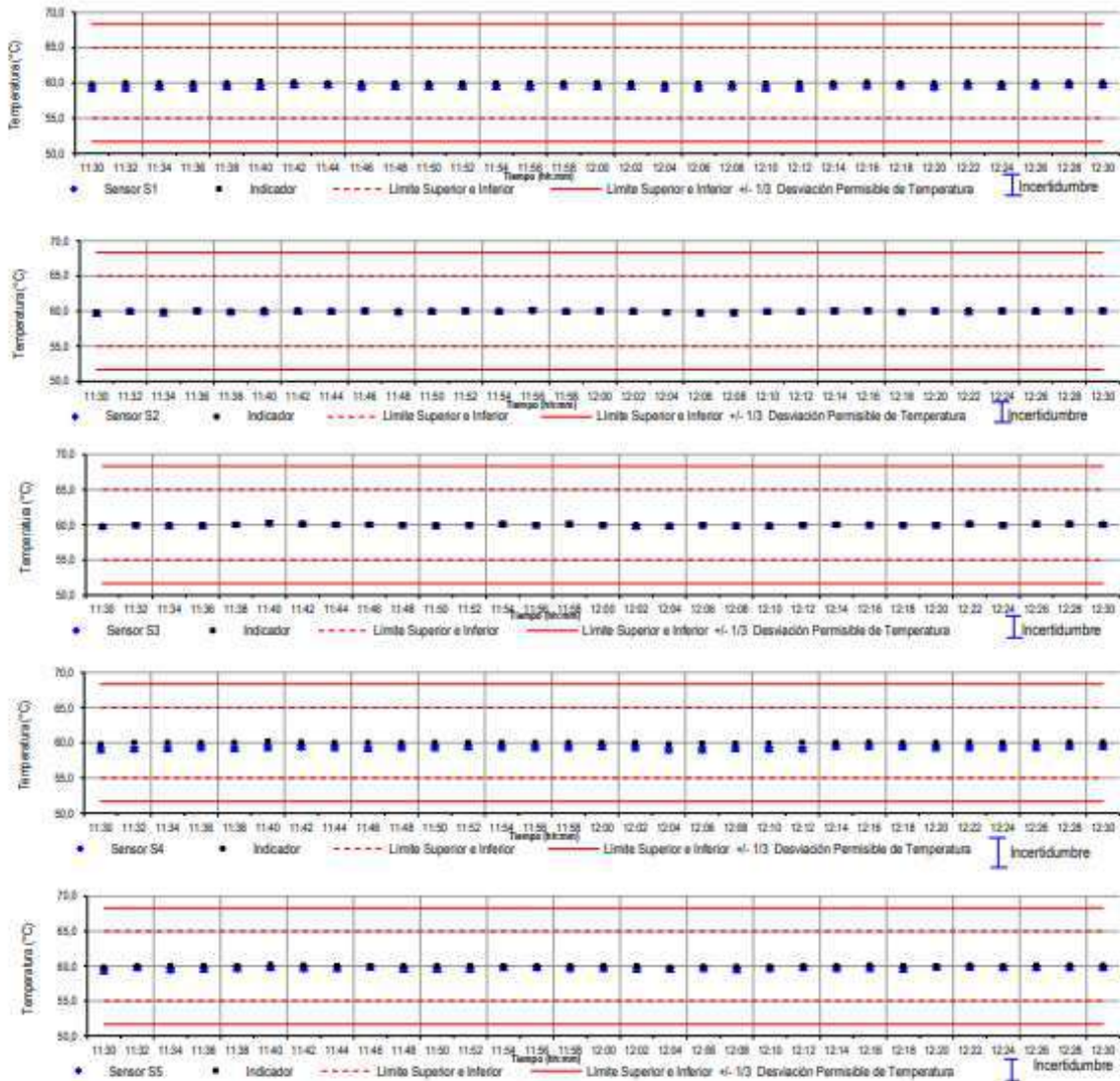
Correo: ventas@pesatec.com | Web: www.pesatec.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PESATEC PERU S.A.C

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0074-TPES-C-2022**

**Gráfico de temperatura durante la calibración**

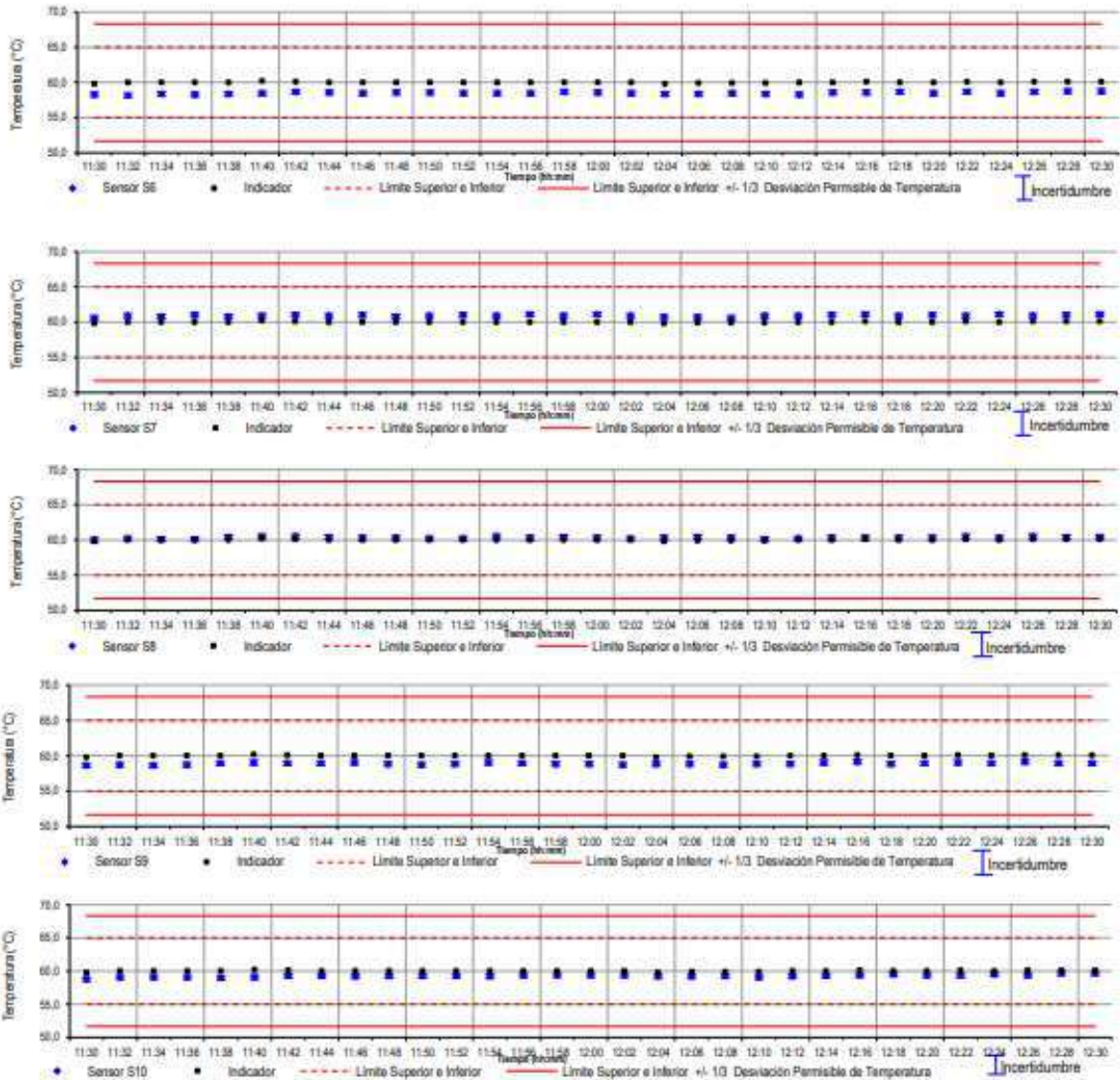
Temperatura de calibración  $60,0 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$   
Nivel Superior



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0074-TPES-C-2022**

**Gráfico de temperatura durante la calibración**

Temperatura de calibración  $60,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$   
Nivel Inferior



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0074-TPES-C-2022**

**Resultados de Medición**

Temperatura de calibración 110,0 °C ± 5,0 °C

Tiempo	L <sub>espacio</sub> °C	Indicaciones corregidas de los 10 sensores expresados en °C										T. prom. ΔT.	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	°C	°C
14:34	109,7	107,8	109,4	109,2	107,3	108,2	108,0	113,8	112,8	107,8	110,7	109,5	6,3
14:36	110,0	107,8	109,7	109,4	107,3	108,5	107,9	114,0	113,1	108,0	110,8	109,6	6,7
14:38	109,8	107,7	109,5	109,0	107,2	108,3	107,8	114,0	112,6	107,8	110,7	109,5	6,8
14:40	109,7	107,6	109,3	109,1	107,1	108,2	107,9	113,5	112,6	107,7	110,6	109,4	6,4
14:42	110,2	107,7	109,8	109,3	107,4	108,5	107,9	114,1	112,8	107,8	110,8	109,6	6,7
14:44	110,5	108,1	110,1	109,8	107,8	108,8	108,1	114,4	113,3	108,3	111,1	110,0	6,6
14:46	110,3	108,2	110,1	109,8	107,7	108,9	108,3	114,5	113,4	108,4	111,3	110,1	6,8
14:48	110,2	108,3	110,2	109,8	107,8	108,9	108,4	114,4	113,2	108,3	111,5	110,1	6,6
14:50	110,3	108,2	110,0	109,6	107,8	108,8	108,5	114,4	113,3	108,2	111,5	110,0	6,6
14:52	110,3	108,1	110,0	109,8	107,5	108,9	108,3	114,5	113,4	108,2	111,4	110,0	7,0
14:54	110,0	108,1	109,9	109,4	107,6	108,7	108,2	114,4	113,2	108,1	111,4	109,9	6,8
14:56	110,0	108,0	109,9	109,4	107,6	108,6	108,1	114,2	112,9	108,1	111,3	109,8	6,6
14:58	110,0	108,0	109,6	109,4	107,5	108,5	108,3	114,2	113,0	108,1	111,1	109,8	6,7
15:00	110,2	108,1	110,0	109,7	107,6	108,8	108,2	114,3	113,3	108,2	111,3	109,9	6,7
15:02	110,3	108,2	110,0	109,7	107,8	108,9	108,3	114,3	113,4	108,4	111,4	110,0	6,5
15:04	110,3	108,2	110,0	109,8	107,7	108,8	108,5	114,5	113,5	108,4	111,6	110,1	6,8
15:06	110,1	108,2	110,1	109,7	107,6	109,0	108,4	114,3	113,4	108,4	111,5	110,1	6,7
15:08	110,0	107,9	109,9	109,5	107,5	108,7	108,2	114,0	113,1	108,2	111,4	109,8	6,5
15:10	110,2	107,9	109,7	109,4	107,3	108,5	108,2	114,0	112,9	107,9	111,4	109,7	6,7
15:12	110,1	107,8	109,7	109,3	107,2	108,6	108,1	113,9	113,0	108,1	111,2	109,7	6,7
15:14	109,8	107,6	109,6	109,1	107,1	108,4	107,8	113,9	112,7	107,8	111,1	109,5	6,8
15:16	109,9	107,6	109,4	109,2	107,0	108,2	107,9	113,5	112,8	107,7	110,9	109,4	6,5
15:18	109,9	107,4	109,5	109,0	107,1	108,2	107,7	113,7	112,6	107,7	111,0	109,4	6,6
15:20	109,9	107,6	109,4	109,1	107,1	108,2	107,8	113,4	112,6	107,8	111,0	109,4	6,3
15:22	110,0	107,6	109,5	109,3	107,3	108,4	107,8	113,6	112,8	107,9	111,0	109,5	6,3
15:24	110,1	107,8	109,6	109,3	107,3	108,4	108,0	113,9	112,7	107,8	111,4	109,6	6,6
15:26	110,1	107,6	109,5	109,2	107,2	108,4	108,0	113,8	112,6	107,9	111,2	109,5	6,6
15:28	110,3	108,1	109,7	109,5	107,5	108,6	108,1	114,0	113,1	108,0	111,4	109,8	6,5
15:30	110,3	107,8	109,7	109,4	107,3	108,6	108,0	113,9	112,9	108,1	111,4	109,7	6,6
15:32	110,0	108,0	109,6	109,4	107,4	108,5	108,1	113,9	112,7	108,0	111,4	109,7	6,5
15:34	110,0	107,7	109,6	109,1	107,3	108,3	107,9	113,9	112,6	107,8	111,3	109,5	6,6
<b>T. PROM.</b>	110,1	107,9	109,8	109,4	107,4	108,5	108,1	114,0	113,0	108,0	111,2	<b>Temperatura promedio</b>	
<b>T. MAX</b>	110,5	108,3	110,2	109,8	107,8	109,0	108,5	114,5	113,5	108,4	111,6	<b>general</b>	
<b>T. MIN</b>	109,7	107,4	109,3	109,0	107,0	108,2	107,7	113,4	112,6	107,7	110,6	<b>general</b>	
<b>DTT</b>	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,9	0,7	1,0	<b>109,7</b>	

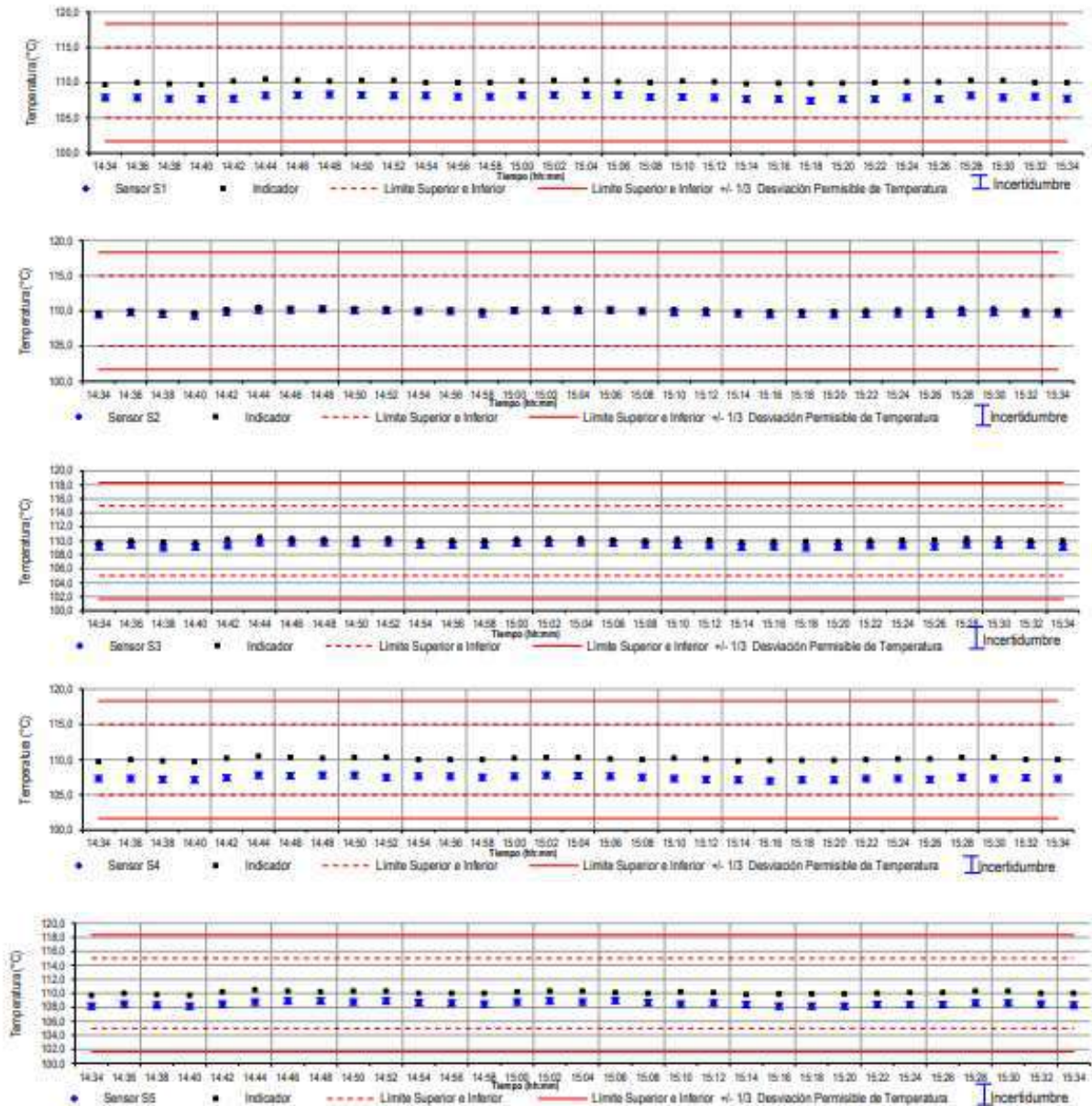
**RESUMEN DE RESULTADOS**

PARÁMETROS	VALOR	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA
Máxima temperatura registrada durante la calibración	114,5 °C	0,5 °C
Mínima temperatura registrada durante la calibración	107,0 °C	0,4 °C
Desviación de Temperatura en el Tiempo (DTT)	1,1 °C	0,1 °C
Desviación de Temperatura en el Espacio (DTE)	6,6 °C	0,4 °C
Estabilidad ( ± )	0,55 °C	0,05 °C
Uniformidad	7,0 °C	0,4 °C

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0074-TPES-C-2022**

**Gráfico de temperatura durante la calibración**

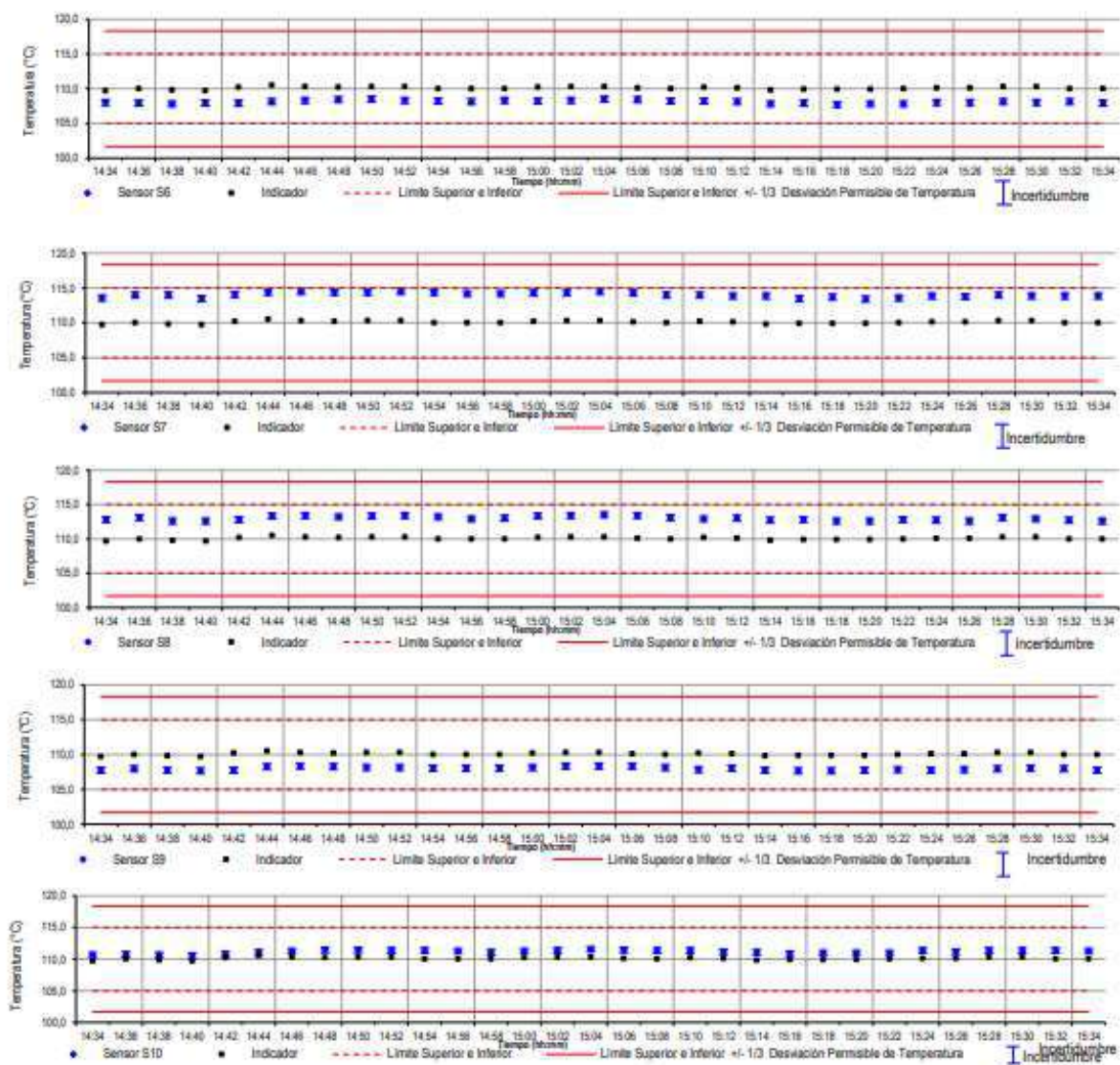
Temperatura de calibración **110,0 °C ± 5,0 °C**  
Nivel Superior



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0074-TPES-C-2022**

**Gráfico de temperatura durante la calibración**

Temperatura de calibración 110,0 °C ± 5,0 °C  
Nivel Inferior





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0074-TPES-C- 2022

### Leyenda

- I<sub>equipo</sub>**: Lecturas en el dispositivo de indicación del equipo calibrado.
- T.prom.:** Temperatura promedio de los sensores por cada intervalo
- ΔT** Diferencia entre máxima y mínima temperaturas en cada intervalo de registro
- T. PROM** Promedio de indicaciones corregidas para cada sensor durante el tiempo total.
- T. MÁX** La máxima de las indicaciones para cada sensor durante el tiempo total.
- T. MIN** La mínima de las indicaciones para cada sensor durante el tiempo total.
- DTT** Desviación de Temperatura en el Tiempo

### Incertidumbre de Medición

La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada a partir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza de

### Observaciones

Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).

Para alcanzar la temperatura de trabajo esperada de: 60 °C el selector de temperatura del equipo ha sido aproximado a: 60 °C.

Para alcanzar la temperatura de trabajo esperada de: 110 °C el selector de temperatura del equipo ha sido aproximado a: 110 °C.

Los datos de los sensores registrados, han sido obtenidos luego de haber aproximado y estabilizado a la temperatura de trabajo dentro de la cámara durante: 2 horas.

La carga de prueba de la calibración consistió en :

### Declaración de cumplimiento

- El Medio Isotermo, Cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.
- El Medio Isotermo, No cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.
- El Medio Isotermo, No se puede concluir si cumple o no cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0074-TPES-C-2022**

**Fotografía del interior del medio isoterma**



-----  
**Fin del Documento**

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 3

N° de Certificado	: 1589-MPES-C-2022
N° de Orden de trabajo	: 0624
<b>1. SOLICITANTE</b>	: <b>SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.</b>
Dirección	: Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo el Cerrito
<b>2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	: <b>BALANZA</b>
Marca	: AND
Modelo	: GF-8000
Número de Serie	: T0323226
Alcance de Indicación	: 8100 g
Division de escala real (d)	: 0,1 g
Division de escala de verificación (e)	: 1 g
Procedencia	: Japón
Identificación	: BAL-27 (*)
Tipo de indicación	: Electrónica
Ubicación	: Laboratorio
Fecha de Calibración	: 2022-11-09

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".

Los resultados sólo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PESATEC PERU S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, según:

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II (PC - 011 del SNM-INDECOPI, 4ta edición abril 2010).

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo el Cerrito

Sello



Fecha de Emisión



2022-11-14

Firmado digitalmente por JURUPE MELGAREJO SANDRA ESPERANZA  
 Fecha: 2022-11-14 19:47:23

Autorizado por



**Sandra Jurupe Melgarejo**  
 Gerente Técnico

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1589-MPES-C-2022**

Página 2 de 3

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	24,0 °C	24,2 °C
Humedad Relativa	61 %	60 %

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Identificación	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL-DM	Pesas (Clase de exactitud E2)	ZT24	LM-C-223-2022
		MP07	LM-C-339-2022

**7. OBSERVACIONES**

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta con la indicación de "CALIBRADO".

(\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

INSPECCIÓN VISUAL			
ALISTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Carga L1= 4 000,0 g			Carga L2= 8 000,0 g		
	Temp. (°C)	ΔL(mg)	E(mg)	Temp. (°C)	ΔL(mg)	E(mg)
1	24,0 °C	20	-70	24,0 °C	60	190
2	24,0 °C	40	-90	24,0 °C	50	200
3	24,0 °C	30	-80	24,0 °C	60	190
4	24,0 °C	20	-70	24,0 °C	50	200
5	24,0 °C	40	-90	24,0 °C	40	210
6	24,0 °C	30	-80	24,0 °C	50	200
7	24,0 °C	40	-90	24,0 °C	50	200
8	24,0 °C	30	-80	24,0 °C	60	190
9	24,0 °C	40	-90	24,0 °C	60	190
10	24,0 °C	30	-80	24,0 °C	60	190
Diferencia Máxima		20				20
Error máximo permitido ±		1 000 mg			±	2 000 mg

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1589-MPES-C-2022**

Página 3 de 3



Vista Frontal

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Temp. (°C) Inicial Final  
24,0 °C 24,1 °C

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga (g)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	2,0	2,0	40	10	2 700,0	2 699,9	30	-80	-90
2		2,0	40	10		2 700,0	50	0	-10
3		2,0	50	0		2 700,0	40	10	10
4		2,0	40	10		2 699,8	40	-190	-200
5		2,0	40	10		2 699,8	50	-200	-210

Carga mínima : valor entre 0 y 10 g

Error máximo permitido : ± 1 000 mg

**ENSAYO DE PESAJE**

Temp. (°C) Inicial Final  
24,1 °C 24,2 °C

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp ±(mg)
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
2,0	2,0	50	0						
5,0	5,0	60	-10	-10	5,0	50	0	0	1 000
500,0	500,0	90	-40	-40	500,0	60	-10	-10	1 000
1 000,0	1 000,0	90	-40	-40	1 000,0	70	-20	-20	1 000
2 000,0	2 000,0	90	-40	-40	2 000,0	70	-20	-20	1 000
3 000,0	2 999,9	20	-70	-70	3 000,0	90	-40	-40	1 000
4 000,0	4 000,0	90	-50	-40	4 000,0	90	-40	-40	1 000
5 000,0	5 000,0	70	-20	-20	5 000,0	20	30	30	1 000
6 000,0	6 000,0	20	30	30	6 000,1	90	60	60	2 000
7 000,0	7 000,1	40	110	110	7 000,2	80	170	170	2 000
8 100,0	8 100,3	80	270	270	8 100,3	80	270	270	2 000

emp. error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000000000065 \times R$$

$$U_R = 2\sqrt{0,0021 \text{ g}^2 + 0,00000000025 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza    ΔL : Carga incrementada    E : Error encontrado    E<sub>0</sub> : Error en cero    E<sub>c</sub> : Error corregido

-----  
Fin del certificado de calibración



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

SERVICIOS DE LABORATORIO DE ENSAYO DE SUELOS Y PAVIMENTOS,  
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SLSP - LF - 006-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

pág. 1 de 3

1.- Expediente : 006  
2.- Cliente : SERVICIOS DE LABORATORIOS DE  
SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Dirección : AV. VICENTE RUSSO LOTE 1 -  
CHICLAYO

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

3.- Equipo: : PRENSA CBR  
Marca : NO INDICA  
Modelo : NO INDICA  
N° Serie : NO INDICA  
Procedencia : NO INDICA  
Identificación : P-CBR-02  
Clase: : NO INDICA  
Indicador (tipo): : DIGITAL  
Marca : WEBOWT  
Modelo : ID 226  
N° Serie: : ID22601688  
Capacidad máxima: : 5000 ( kgf )  
Resolución : 0.1 ( kgf )

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

Servicios de Laboratorio de Suelos y Pavimentos S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

4.- Fecha y lugar de calibración  
Fecha de calibración : 19/05/2023  
Lugar de calibración : AV. VICENTE RUSSO LOTE 1 -  
CHICLAYO

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

#### 5.- Método de calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables, tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayos Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del Sistema de medida de Fuerza."-Julio 2006.

#### 6.- Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	27.3 °C	27.2 °C
Humedad	61 %HR	61 %HR

Fecha de Emisión: 22/05/2023

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C  
Ing. Secundino Burga Fernández  
JEFE DE METROLOGÍA  
R012-2023-100278



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C  
Ing. Jan Carlos Chavesta Reyes  
TÉCNICO DE METROLOGÍA

Ing. Secundino Burga Fernández  
Jefe del Laboratorio de Metrología

Jan Carlos Chavesta Reyes  
Técnico de Metrología



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos emp\_calibraciones@hotmail.com  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 servicios\_lab@hotmail.com

PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

**7.- Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado
LABORATORIO DE METROLOGIA PINZUAR S.A.S	CELDA DE CARGA DE 4500 kgf	F-28871-002 R0

**8.- Resultados de medición**

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso)				
	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)	
11.0	550.0	546.2	543.7	544.2	544.7
18.0	900.0	896.7	894.3	894.7	895.3
27.0	1 350.0	1 347.7	1 345.5	1 345.5	1 346.3
36.0	1 800.0	1 798.5	1 797.3	1 797.3	1 797.7
45.0	2 250.0	2 250.7	2 248.5	2 248.7	2 249.3
54.0	2 700.0	2 701.1	2 699.5	2 699.1	2 699.9
63.0	3 150.0	3 152.4	3 151.0	3 150.2	3 151.2
72.0	3 600.0	3 602.0	3 600.8	3 599.4	3 600.7
81.0	4 050.0	4 050.2	4 049.6	4 048.1	4 049.3
90.0	4 500.0	4 498.4	4 497.4	4 495.8	4 497.2
<b>Retorno a cero</b>		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo $F$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición			Incertidumbre expandida ( $k = 2$ )	
	Error de medida $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Resol. Relativa $a$ (%)	( $u$ )	( $u$ %)
550.0	-0.96	0.46	0.02	1.53	0.28
900.0	-0.53	0.27	0.01	1.49	0.17
1350.0	-0.28	0.16	0.01	1.47	0.11
1800.0	-0.13	0.07	0.01	0.80	0.04
2250.0	-0.03	0.10	0.00	1.41	0.06
2700.0	0.00	0.07	0.00	1.23	0.05
3150.0	0.04	0.07	0.00	1.29	0.04
3600.0	0.02	0.07	0.00	1.50	0.04
4050.0	-0.02	0.05	0.00	1.31	0.03
4500.0	-0.06	0.06	0.00	1.51	0.03

Incertidumbre por error de cero $u_0$	0.00
---------------------------------------	------



La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $K=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250



emp\_calibraciones@hotmail.com  
 servicios\_lab@hotmail.com

9.- Incertidumbre



10.- Observaciones

- Se colocó una etiqueta adhesiva.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



----- Fin del Certificado -----



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250



emp\_calibraciones@hotmail.com  
 servicios\_lab@hotmail.com

PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C





## CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 1642

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-09

1. SOLICITANTE : SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

DIRECCIÓN : Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerro

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

MARCA : ELE INTERNATIONAL

MODELO : NO INDICA

NÚMERO DE SERIE : NO INDICA

FECHA DE INSPECCIÓN : 2022-02-08

PROCEDECENCIA : NO INDICA

IDENTIFICACIÓN : CCG-06

TIPO : MANUAL

UBICACIÓN : Laboratorio

3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Procedimiento de medición con patrones calibrados acreditados por PINZUAR LTDA.

4. LUGAR DE INSPECCIÓN

La calibración se realizó en el Laboratorio de Metrología de Pinzuar Ltda. Sucursal del Perú.  
Calle Ricardo Palma N° 998 Urb. San Joaquín Bellavista - Callao.

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	20,2 °C	20,2 °C
Humedad Relativa %HR	54 %h.r.	655 % h.r.

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Equipo	Certificado de calibración
Pie de rey - 150 mm	L-23351-001
Pie de rey - 300 mm	L-20171-003
Balanza 6200 g x 0.01 g	LCM-235-2020

7. OBSERVACIONES

El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4318 / NTC 4630

8. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	201,39	g
Espesor de la copa	2,46	mm
Profundidad de la copa	25,69	mm
Altura de la base	56,07	mm
Ancho de la base	125,03	mm
Longitud de la base	150,21	mm

Felix Jaramillo Castillo

Metrólogo del Laboratorio de Metrología.

**PINZUAR LTDA. SUCURSAL DEL PERÚ**

TRAZABILIDAD: Pinzuar Ltda. Asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección.

(\*) Este certificado de inspección expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl. 18 #1035-72 | PBRX-57 (U) 745 4555 + 5174205540 | [inform@pinzuar.com](mailto:inform@pinzuar.com) | [WWW.PINZUAR.COM](http://WWW.PINZUAR.COM)

## Anexo 13. FICHAS DE VALIDACION DE EXPERTOS

Colegiatura N° 128023

### Ficha de validación según AIKEN

#### I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Luis Paul CABONILLAS Florez	CYF INGENIERO SAC.	Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos	Guerrero Tineo Flavio Alonso  Vélez Mendoza Diego Antonio
<b>Título de la Investigación:</b> Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos			

#### II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE
4	A	APLICABLE
5	A	APLICABLE
6	A	APLICABLE
7	A	APLICABLE
8	A	APLICABLE
9	A	APLICABLE

#### III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Granulometría	X		X		X		X	
2	Límites de atterberg	X		X		X		X	
3	Contenido de humedad	X		X		X		X	
4	Peso específico	x		x		x		x	

5	Absorción del suelo	x		x		x		x	
6	Absorción de agregados	x		x		x		x	
	<b>Mecánicas</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
7	UCS	X		X		X		X	
8	CBR	X		X		X		X	
9	Proctor Modificado	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

.....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable

( ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad:

Juez  
Experto

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del instrumento
Urbina Sina Suzetty Nicole	CADRICK INGENIEROS	Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos	Guerrero Tineo Flavio Alonso  Vélez Mendoza Diego Antonio
<b>Título de la Investigación:</b> Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE
4	A	APLICABLE
5	A	APLICABLE
6	A	APLICABLE
7	A	APLICABLE
8	A	APLICABLE
9	A	APLICABLE

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Granulometría	X		X		X		X	
2	Límites de atterberg	X		X		X		X	
3	Contenido de humedad	X		X		X		X	
4	Peso específico	x		x		x		x	

5	Absorción del suelo	x		x		x		x	
6	Absorción de agregados	x		x		x		x	
	<b>Mecánicas</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
7	UCS	X		X		X		X	
8	CBR	X		X		X		X	
9	Proctor Modificado	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable

( ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad:



SUZETTY NICOLE URBINA SILVA  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 324512

---

Juez  
Experto

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
OLIVARDO GUZMÁN JIMMY YAMPICO	NETAFIM PERU SAC	Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos	Guerrero Tineo Flavio Alonso  Vélez Mendoza Diego Antonio
<b>Título de la Investigación:</b> Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE
4	A	APLICABLE
5	A	APLICABLE
6	A	APLICABLE
7	A	APLICABLE
8	A	APLICABLE
9	A	APLICABLE

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Granulometría	X		X		X		X	
2	Límites de atterberg	X		X		X		X	
3	Contenido de humedad	X		X		X		X	
4	Peso específico	x		x		x		x	

5	Absorción del suelo	x		x		x		x	
6	Absorción de agregados	x		x		x		x	
	<b>Mecánicas</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
7	UCS	X		X		X		X	
8	CBR	X		X		X		X	
9	Proctor Modificado	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

.....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable

( ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad:

  
 Jimmy Yampier Obares Guzmán  
 CIP. 324481  
 INGENIERO CIVIL

Juez  
 Experto

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del instrumento
QUIROGA HERNÁNDEZ FERNANDO DAVIO	SD CONSTRUCTORA SAC	Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos	Guerrero Tineo Flavio Alonso  Vélez Mendoza Diego Antonio
<b>Título de la Investigación:</b> Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE
4	A	APLICABLE
5	A	APLICABLE
6	A	APLICABLE
7	A	APLICABLE
8	A	APLICABLE
9	A	APLICABLE

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Granulometría	X		X		X		X	
2	Límites de atterberg	X		X		X		X	
3	Contenido de humedad	X		X		X		X	
4	Peso específico	x		x		x		x	



5	Absorción del suelo	x		x		x		x	
6	Absorción de agregados	x		x		x		x	
	<b>Mecánicas</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
7	UCS	X		X		X		X	
8	CBR	X		X		X		X	
9	Proctor Modificado	X		X		X		X	

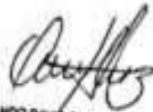
Observaciones (precisar si hay suficiencia):

.....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable

( ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad:



FERNANDO DAVID QUIROGA HERNANDEZ  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL  
REG.CIP N° 285234

Juez  
Experto

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
<i>Pandoral Guevara Yair Yauer</i>	<i>Asistente de Supervisión de Obra</i>	Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos	Guerrero Tineo Flavio Alonso  Vélez Mendoza Diego Antonio
<b>Título de la Investigación:</b> Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivos			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE
4	A	APLICABLE
5	A	APLICABLE
6	A	APLICABLE
7	A	APLICABLE
8	A	APLICABLE
9	A	APLICABLE

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Físicas Granulometría	X		X		X		X	
2	Límites de atterberg	X		X		X		X	
3	Contenido de humedad	X		X		X		X	
4	Peso específico	x		x		x		x	

5	Absorción del suelo	x		x		x		x	
6	Absorción de agregados	x		x		x		x	
	<b>Mecánicas</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
7	UCS	X		X		X		X	
8	CBR	X		X		X		X	
9	Proctor Modificado	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

.....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) - Aplicable después de corregir ( ) - No aplicable

( ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad:

  
**YAIR YASER SANDOVAL BUEVARA**  
**INGENIERO CIVIL**  
**REG. CIP N° 257852**

---

Juez  
Experto

## Anexo 14. INFORME ESTADISTICO

### ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO UTILIZANDO CAL, CENIZA DE ASERRÍN Y POLVO DE LADRILLO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS.

#### Influencia de la cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivo 0.1”

##### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MP1	,272	4	0.88	,917	4	,521
Molde1	,233	4	0.08	,942	4	,666
Molde2	,280	4	0.06	,919	4	,533
Molde3	,302	4	0.33	,881	4	,345

a. Corrección de significación de Lilliefors

La muestra conformada corresponde a 16 ensayos. Por tal motivo, se revisará los niveles de significancia de Shapiro-Wilk. Asimismo, los niveles de significancia corresponden a  $>0.05\%$ , donde se determina que presenta distribución normal y se procede aplicar T-Student.

##### Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
MP1	4	3,6750	1,89324	,94662
Molde1	4	3,6250	1,80624	,90312
Molde2	4	3,6500	1,96384	,98192
Molde3	4	3,7500	1,92094	,96047

##### Prueba para una muestra

	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
MP1	3,882	3	,010	3,67500	,6624	6,6876
Molde1	4,014	3	,018	3,62500	,7509	6,4991
Molde2	3,717	3	,00	3,65000	,5251	6,7749
Molde3	3,904	3	,00	3,75000	,6934	6,8066

Mediante la prueba se verifica un p valor menor a  $< 0.05\%$ , donde se logra evidenciar que la cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo influye en la estabilización de suelos expansivo.

## Influencia de la cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo en la estabilización de suelos expansivo 0.2”

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MP1	,277	4	0.40	,915	4	,508
Molde1	,224	4	0.00	,949	4	,712
Molde2	,275	4	0.06	,921	4	,544
Molde3	,291	4	0.03	,896	4	,413

a. Corrección de significación de Lilliefors

La muestra conformada corresponde a 16 ensayos. Por tal motivo, se revisará los niveles de significancia de Shapiro-Wilk. Asimismo, los niveles de significancia corresponden a  $>0.05\%$ , donde se determina que presenta distribución normal y se procede aplicar T-Student.

### Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
MP1	4	4,6600	2,37749	1,18875
Molde1	4	4,6500	2,31733	1,15866
Molde2	4	4,6500	2,39513	1,19757
Molde3	4	4,7500	2,42831	1,21415

### Prueba para una muestra

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
MP1	3,920	3	,030	4,66000	,8769	8,4431
Molde1	4,013	3	,028	4,65000	,9626	8,3374
Molde2	3,883	3	,030	4,65000	,8388	8,4612
Molde3	3,912	3	,030	4,75000	,8860	8,6140

Mediante la prueba se verifica un p valor menor a  $< 0.05\%$ , donde se logra evidenciar que la cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo influye en la estabilización de suelos expansivo.

**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE ESTUDIO EXPERIMENTAL Y  
NUMÉRICO USANDO CAL, CENIZA DE ASERRÍN Y POLVO DE LADRILLO PARA LA  
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS**

**Claridad**

	LIMITES DE CONSISTENCIA	DENSIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD	CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA
JUEZ 01	1	1	1	1
JUEZ 02	1	1	1	1
JUEZ 03	1	1	1	1
JUEZ 04	1	1	1	1
JUEZ 05	1	1	1	1

$$V = \frac{S}{n(c-1)}$$

S = Suma de valoración de todos los expertos por ítems.  
n = Numero de expertos que participaron en el estudio.  
c = Numero de niveles de la escala de valoración utilizada.

	LIMITES DE CONSISTENCIA	DENSIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD	CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA
(S)	5	5	5	5
(N)	5			
(C)	2			
V de Aiken	1	1	1	1

**Claridad**

V de Aiken por criterio	1
-------------------------	---

**Contexto**

	LIMITES DE CONSISTENCIA	DENSIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD	CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA
JUEZ 01	1	1	1	1
JUEZ 02	1	1	1	1
JUEZ 03	1	1	1	1
JUEZ 04	1	1	1	1
JUEZ 05	1	1	1	1

	LIMITES DE CONSISTENCIA	DENSIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD	CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA
(S)	5	5	5	5
(N)	5			
(C)	2			
<b>V de Aiken</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Contexto**

V de Aiken por criterio	1
-------------------------	---

**Congruencia**

	LIMITES DE CONSISTENCIA	DENSIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD	CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA
<b>JUEZ 01</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>JUEZ 02</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>JUEZ 03</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>JUEZ 04</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>JUEZ 05</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

	LIMITES DE CONSISTENCIA	DENSIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD	CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA
(S)	5	5	5	5
(N)	5			
(C)	2			
<b>V de Aiken</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Congruencia**

V de Aiken por criterio	1
-------------------------	---

**Dominio del Constructo**

	LIMITES DE CONSISTENCIA	DENSIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD	CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA
JUEZ 01	1	1	1	1
JUEZ 02	1	1	1	1
JUEZ 03	1	1	1	1
JUEZ 04	1	1	1	1
JUEZ 05	1	1	1	1

	LIMITES DE CONSISTENCIA	DENSIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD	CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA
(S)	5	5	5	5
(N)	5			
(C)	2			
V de Aiken	1	1	1	1

**Dominio del Constructo**

V de Aiken por criterio	1
V de Aiken del Cuestionario	1.000

En las Tablas se observa que el instrumento "Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo para la estabilización de suelos expansivos" mostró una validez de contenido del 100% de acuerdo a juicio de expertos y en sus criterios Claridad, Contexto, Congruencia, Dominio del constructo (este coeficiente puede obtener valores de 0 a 1, a medida que va aumentando el valor de computado, el ítem tendrá una mayor validez de contenido).



**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO  
USANDO CAL, CENIZA DE ASERRÍN Y POLVO DE LADRILLO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE  
SUELOS EXPANSIVOS**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.904	.910	4

**Estadísticas totales del elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
LIMITES DE CONSISTENCIA	3235857.14	18986790548	0.7	0.55	0.89
LIMITES DE CONSISTENCIA	3235855.79	18987056893	0.72	0.57	0.888
LIMITES DE CONSISTENCIA	3235824.84	18987028056	0.71	0.56	0.889
LIMITES DE CONSISTENCIA	3235824.1	18987017935	0.73	0.58	0.887
LIMITES DE CONSISTENCIA	3235795.75	18986173290	0.69	0.54	0.891
LIMITES DE CONSISTENCIA	3235794.43	18986421496	0.74	0.59	0.886
DENSIDAD	3235791.43	18987256387	0.72	0.57	0.888
DENSIDAD	3235793.82	18987186527	0.71	0.56	0.889
DENSIDAD	3235759.28	18987099265	0.69	0.54	0.891
DENSIDAD	3235855.79	18987056893	0.7	0.55	0.89
DENSIDAD	3235824.84	18987028056	0.72	0.57	0.888
DENSIDAD	3235824.1	18987017935	0.74	0.59	0.886
CONTENIDO DE HUMEDAD	3235832.43	18987000281	0.73	0.58	0.887
CONTENIDO DE HUMEDAD	3235829.99	18986778728	0.72	0.57	0.888
CONTENIDO DE HUMEDAD	3235791.43	18987256387	0.71	0.56	0.889
CONTENIDO DE HUMEDAD					
CONTENIDO DE HUMEDAD					
CONTENIDO DE HUMEDAD	3235793.82	18987186527	0.69	0.54	0.891
CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA	3235784.13	18986929252	0.74	0.59	0.886
CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA	3235782.35	18987149042	0.72	0.57	0.888
CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA	3235737.25	18986117789	0.73	0.58	0.887

CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA	3235735.16	18986575838	0.69	0.54	0.891
CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA	3235687.16	18986024640	0.7	0.55	0.89
CAPACIDAD DE SOPORTE DE CALIFORNIA	3235683.97	18985467284	0.73	0.58	0.887

#### Explicación

- **Correlación total de elementos corregida:** Se establecieron valores entre 0.69 y 0.74, que son adecuados para un Alfa de Cronbach de 0.904.
- **Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido:** Estos valores se han ajustado entre 0.886 y 0.891, lo que asegura que el Alfa de Cronbach general sea 0.904.

#### ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter Sujetos		2109707130.4	4	527426782.6		
Intra Sujetos	Entre elementos	1.549E+12	35	44249112102	880.45	<0.001
	Residuo	7138542735.2	140	509895590.966		
	Total	1.556E+12	175	8890614093.2		
Total		1.558E+12	179	8703727225.90		

Media global = 89888.37

La confiabilidad de consistencia del instrumento Estudio experimental y numérico usando cal, ceniza de aserrín y polvo de ladrillo para la estabilización de suelos expansivos es 90.4% (excelente confiabilidad), sin que sea necesario eliminar ítem alguno para mejorar su consistencia interna.



Lic. en Estadística Juan Manuel Antón Pérez

MSc. En Estadística Aplicada

N° DE COESPE 12

ORCID: 0000-0002-9665-779X