



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Ayay Chilon, Walter (ORCID: 0000-0002-8501-7009)

Huaripata Flores, Jhony Salustiano (ORCID: 0000-0002-2838-8153)

**ASESOR:**

Dr. Fernando Demetrio Llatas Villanueva (ORCID: 0000-0001-5718-948x)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CHICLAYO – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Al concluir este trabajo de investigación quiero dedicar a las personas que estuvieron acompañándome en este largo camino que me toco recorrer, gracias por su apoyo incondicional especialmente a mis padres, hermanos, mi hijo Erick Iván y mi esposa, el cual eran el motivo se seguir adelante y a mis amigos que siempre estuvieron apoyándome en los momentos difíciles, gracias infinitas.

***Walter Ayay Chilón***

El presente proyecto de Tesis está dedicado a mis padres, porque ellos siempre estuvieron brindándome su apoyo y sus consejos para ser un buen profesional y gracias a ellos he logrado finalizar mi carrera profesional, también a mis hijos Maykoll y Nikol ya que ellos son el motor de mi vida para seguir adelante, a mi esposa por sus palabras de ánimo y confianza, y a todas a aquellas personas de alguna u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

***Jhony S. Huaripata Flores.***

## **AGRADECIMIENTO**

Pero gracias sean dadas a Dios de quien no da la victoria, por ser el principal promotor de mis sueños y darme la vida en estos momentos difíciles que vive la humanidad. También agradecer a mis maestros, compañeros y a la universidad que me formo, sin ustedes no hubiera sido posible cumplir lo que tanto anhelaba en la vida, ser profesional, gracias totales.

***Walter Ayay Chilón***

Mi agradecimiento más profundo al Dios todopoderoso por su amor y misericordia que no tiene fin. Que permites tener la alegría de todos mis logros. Este proyecto de Tesis ha sido una gran bendición en todo sentido de mi vida y gracias a ti que este meta dispuesto esta cumplida, también agradecer a la casa superior de estudios por permitir en convertirme en un profesional en lo que tanto anhelaba. Gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de mi formación.

***Jhony S. Huaripata Flores.***

## Índice de contenidos

|  |           |
|--|-----------|
| Carátula   | i         |
| Dedicatoria  | ii        |
| Agradecimiento                                       | iii       |
| Índice de contenido                                  | iv        |
| Índice de tablas                                     | v         |
| Índice de figuras                                    | vi        |
| Resumen  | vii       |
| Abstract   | viii      |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>                               | <b>1</b>  |
| <b>II. MARCO TEÓRICO</b>                             | <b>5</b>  |
| <b>III. METODOLOGÍA</b>                              | <b>25</b> |
| 3.1. Tipo y diseño de la investigación               | 25        |
| 3.2. Variables y operacionalización                  | 25        |
| 3.3. Población, muestra, muestreo                    | 26        |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 27        |
| 3.5. Procedimiento                                   | 28        |
| 3.6. Método de análisis de datos                     | 29        |
| 3.7. Aspectos éticos                                 | 29        |
| <b>IV. RESULTADOS</b>                                | <b>30</b> |
| <b>V. DISCUSIÓN</b>                                  | <b>37</b> |
| <b>VI. CONCLUSIONES</b>                              | <b>42</b> |
| <b>VII. RECOMENDACIONES</b>                          | <b>44</b> |
| <b>REFERENCIAS</b>                                   | <b>45</b> |
| <b>ANEXOS</b>  | <b>51</b> |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Estructura química de residuos de polvo de hornos                           | 15 |
| Tabla 2: Categoría CBR   | 21 |
| Tabla 3. Ubicación y características de calicata. (UTM)                              | 27 |
| Tabla 4. Instrumento de recolección de datos   | 28 |
| Tabla 5. Dosificaciones  | 30 |
| Tabla 6. Análisis Granulométrico   | 31 |
| Tabla 7. Clasificación de suelos, límites de Atterberg y distribución Granulométrica | 31 |
| Tabla 8. Datos Próctor Modificado C – 1 y C – 2                                      | 32 |
| Tabla 9. Ensayo CBR para la muestra (C – 1)  | 33 |
| Tabla 10. Índice de plasticidad (C – 1) con adición de aditivos                      | 34 |
| Tabla 11. Proctor Modificado (C – 1) con adición de aditivos                         | 35 |
| Tabla 12. CBR de muestra (C – 1) con adición de aditivos                             | 35 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto | 2  |
| Figura 2. Estructura de EarthZyme                         | 12 |
| Figura 3. Cuatro subgrupos principales                    | 14 |
| Figura 4. Esquema de procedimiento                        | 28 |
| Figura 5. Esquema método de análisis de datos             | 29 |
| Figura 6. Esquema método de análisis de datos             | 29 |
| Figura 7. Ensayo CBR para la muestra (C – 1) + agregados  | 36 |

## Resumen

Este estudio experimental se centra en el desarrollo de pruebas de laboratorio que agiliza el proceso de verificación del rendimiento de productos como enzima líquida y material residual de hornos de cemento, para su uso en la estabilización de cimientos para carreteras, esta investigación pretendió determinar las diferencias de los beneficios de incluir enzima líquida y material residual de hornos de cemento en el cálculo de las propiedades mecánicas del suelo cohesivo. la presente investigación es de tipo aplicada por que se basara en leyes científicas y teorías que se respaldan en normas, así mismo se busca determina la influencia de las enzima líquida y material residual de hornos de cemento en las propiedades mecánicas de suelos cohesivos con la finalidad de mejorarlo, por lo cual tuvo un diseño de la investigación cuasi experimental, se pudo notar que el índice de plasticidad aumenta hasta un máximo de 26.76 % para un 15 % de adición de enzima líquida y material residual de hornos de cemento. Al mismo tiempo se pudo encontrar que al incorporar un 12.5 % de enzima líquida y material residual de hornos de cemento el óptimo contenido de humedad disminuyo hasta un 23.09 % en comparación con la muestra patrón (C – 1) de este modo se consiguió una máxima densidad seca (MDS) de 1.50 (g/cm<sup>3</sup>), los máximos índices de CBR fueron de 47.86 % y 47.81 % con la adición de 12.5 % y 15 % de enzima líquida y material residual de hornos de cemento respectivamente. Se concluyó en esta investigación que se logró calcular la resistencia del suelo cohesivos con la dosificación de enzima líquida y material residual de hornos de cemento en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca.

Palabras clave: Enzima líquida, material residual de hornos de cemento, proctor modificado, CBR, subrasante.

## **Abstract**

This experimental study focuses on the development of laboratory tests that speed up the verification process of the performance of products such as liquid enzyme and residual material from cement kilns, for use in the stabilization of road foundations. This research aimed to determine the differences of the benefits of including liquid enzyme and residual material from cement kilns in the calculation of the mechanical properties of cohesive soil. The present investigation is of an applied type because it is based on scientific laws and theories that are supported by norms, likewise it seeks to determine the influence of liquid enzymes and residual material from cement kilns on the mechanical properties of cohesive soils with the purpose to improve it, for which it had a quasi-experimental research design, it was noted that the plasticity index increases to a maximum of 26.76% for a 15% addition of liquid enzyme and residual material from cement kilns. At the same time, it was found that by incorporating 12.5% of liquid enzyme and residual material from cement kilns, the optimal moisture content decreased to 23.09% compared to the standard sample (C – 1), thus achieving a maximum dry density (MDS). of 1.50 (g/cm<sup>3</sup>), the maximum CBR indices were 47.86% and 47.81% with the addition of 12.5% and 15% of liquid enzyme and residual material from cement kilns, respectively. It was concluded in this investigation that it was possible to calculate the resistance of the cohesive soil with the dosage of liquid enzyme and residual material from cement kilns on the Chilimpampa Alta - Negritos Alto local road (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca.

Keywords: Liquid enzyme, residual material from cement kilns, modified proctor, CBR, subgrade.



## I. INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo, una porción inmensa de las circunstancias negativas que son segmento transcendental es la subrasante cuando nos referimos al pavimento, por lo cual, si esta subrasante no presenta un CBR adecuado complica de carácter muy pernicioso la fisiología mecánica y funcional de un pavimento, ya que esta última, no adquiere sus características mecánicas propicias, no desempeñará su ocupación primordial y el manejo de esta carretera presentará muy rápidos daños en su uso. Según Arghadeep (2022) la conservación de la calidad del suelo debería ser necesaria para el sostenimiento de la vida y la nutrición humana. Las enzimas del suelo se utilizan como indicadores de la calidad del suelo para una respuesta rápida a los cambios del estrés ambiental, la contaminación y las prácticas agrícolas mucho antes que otras propiedades del suelo.

En relación a la problemática internacionalmente, Qiang, Mengmeng y Mohanad (2022) mencionan que es importante proporcionar una base uniforme, rígida, resistente a la humedad y las heladas es el aspecto más importante del diseño estructural del pavimento. Se debe prestar especial atención a la uniformidad y rigidez de la subrasante y la inclusión de capas de subbase para pavimentos. Cuando la subrasante consiste en materiales de arcilla o limo de grano fino, se debe considerar la estabilización de los 300 a 600 mm superiores. Según Waipungu (2019), a medida que el sistema de carreteras sigue creciendo en cuanto a kilometraje y volumen de tráfico, es importante construir carreteras de forma sostenible y con un bajo impacto medioambiental. La estabilización de suelos tiene un impacto significativo en el medio ambiente, el uso de energía y los gases de efecto invernadero. La estabilización de la subrasante ha recibido una atención cada vez mayor en los últimos años.

En la ciudad de Piura, según Márquez (2019) la subrasante normalmente debería ser capaz de soportar pesos transmitidos desde el pavimento o la estructura del edificio. La compactación relativa, el contenido óptimo de humedad y el tipo de suelo, todo influye en la capacidad portante. Una buena subrasante puede soportar una gran cantidad de carga sin una deformación excesiva. Cuando se somete a mucha humedad o temperaturas bajo cero, la mayoría de los suelos experimentan algún cambio de volumen. Esta indagación se centraliza en la seguridad de la

inestabilidad de la subrasante. En donde se aplicará al suelo enzima líquida y material residual de hornos de cemento con la finalidad de mejorarlo, con lo cual tener un mejor pavimento que se construirá sobre esta subrasante.

Según el MTC, los pavimentos constituyen un problema geotécnico ya que se construyen sobre el terreno y con materiales obtenidos del mismo: sin tratar, como suelos y rocas, y procesados como conglomerantes hidráulicos y bituminosos; en consecuencia, un marco geotécnico es útil para describir sus elementos constitutivos. En Cajamarca según Gambini (2021) los suelos cohesivos se presentan en gran cantidad, este a su vez, son los que presentan contenidos más altos de arcilla en un suelo provocan una mayor plasticidad, un mayor potencial de contracción y expansión, una mayor compresibilidad y una menor resistencia al corte. La mayoría de las propiedades mecánicas de las arcillas dependen del tipo y contenido de los minerales arcillosos, de las interacciones entre las partículas minerales arcillosas y el agua intersticial.

Por ello, el actual estudio se concibe con el fin de estabilizar el suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento del camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000).



*Figura 1: Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto.*

Fuente: Propia

La enunciación del problema se constituye en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca, ya que en esta zona su espacio es variada y en tiempos de lluvia, está afectada a huaycos y fuertes inundaciones las cuales en el tiempo deterioran la estructura del pavimento, por tal motivo con la finalidad de mejorar el pavimento nos tenemos que hacer la siguiente pregunta del **problema General:** ¿Cómo estabilizar el suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca?

**Justificación teórica:** Se considera que por medio de la nueva investigación se pretende generar un amplio conocimiento con nuevas formas de mejorar los suelos cohesivos en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca, con la incorporación de enzima líquida y el material residual de hornos de cemento, aprovecharemos los parámetros establecidos en la estabilización de suelos con enzima líquida y el material residual de hornos de cemento que en la actualidad es aplicado en otros países y a producido buenas mejoras de la subrazante en los países donde se aplicó, mostrando un adecuado comportamiento con el fin de brindar una mejor duración al pavimento, ya que los estudios corroboran su gran beneficio que genera. **Justificación técnica:** La averiguación a ejecutar busco aprovechar la enzima líquida y el material residual de hornos de cemento en las propiedades mecánicas en suelos cohesivos en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca con la meta de ayudar a alterar la resistencia del suelo por medio de compactación del método proctor modificado y aplicando los conocimientos adecuados para mejorar el CBR brindando una base de datos y calculo que servirán de base a futuros estudios basándose en técnicas ya aplicadas en la actualidad.

**Objetivo general:** Determinar la estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca. **Objetivo específico:** Identificar las características de las enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca. Interpretar las dosificaciones de las enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca. Establecer la plasticidad de suelo cohesivo con la adición de enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento en Chilimpampa Alta -

Negritos Alto, Cajamarca. Determinar la máxima densidad seca de suelo cohesivo con la adición de enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca. Evaluar la resistencia de los suelos cohesivos mediante la incorporación de enzima líquida y material residual de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca.

**La hipótesis general:** Se logra estabilizar los suelos cohesivos mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca.

## II. MARCO TEÓRICO

### ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Amjad (2017) en su estudio la finalidad se basó en controlar la estabilización de los suelos empleando un insumo muy conocido en su zona como es el EarthZyme, el cual es un estabilizador muy utilizado en su región. Su método aplicado es relacionado como experimental donde presentó una aplicación del 11 %, 8 % y 5 % de EarthZyme a las porciones obtenidas luego de realizar su estación de las muestras en la localidad de Yangling. Lo más resaltante en su estudio consistió en la reducción del contaminante presente en el suelo y la mejora del CBR del mismo aplicando EarthZyme, al mismo tiempo luego de realizar este estudio, el mismo que permitió realizar y ejecutar en la zona este estabilizador, logro generar un pavimento más resistente y en mejores condiciones las cuales permitieron un diseño más económico y aplicable en la comunidad. En el transcurso de su aplicación de halló que el EarthZyme produjo aumento de características positivas en los ensayos respectivos a la subrasante, los cuales al mismo tiempo se mencionan a continuación; la plasticidad se catequizó de 24.99 % a 28.98 %, la humedad originaria de 36.87 % esta se redujo con EarthZyme hasta conseguir una humedad de 21.03 % y por último el CBR inicial fue de 10.93 % hasta alcanzar con la aplicación del estabilizador un 30.94 % de índice. Uno de sus consecuencias más resaltantes al finalizar el estudio, fue que al aplicar el estabilizador conocido como EarthZyme, este ayudo a presentar una subrasante más estable y resistente a la penetración del dial con lo cual consiguió un mejor suelo y al mismo tiempo en consecuencia una mejor zona para poder construir un pavimento.

Eshetu, Mekonnen [et al.] (2020) la finalidad de su estudio fue inspeccionar los materiales estabilizadores a base de bioenzimas exhiben propiedades puzolánicas que mejoran las propiedades de los suelos arcillosos, intercambio catiónico, floculación, reacción puzolánica y carbonatación. Su método aplicado es relacionado como experimental y para corregir las características principales del suelo cohesivos se encamino los porcentajes (2.5%, 2%, 1.75% y 1.5%). Las ventajas y desventajas de las bioenzimas como agente estabilizador del suelo se presentan de manera sucinta y los principales resultados de los efectos fisicoquímicos sobre las propiedades del suelo se analizan en detalle, estos

concurrieron amplificando el CBR en 43 %, 41 %, 38 %, y 32 % respectivamente, mostrando un gran aumento debido a que el CBR patrón fue 9 %. Se concluye que este trabajo ayudará a los ingenieros geotécnicos a optar por una bioenzimas adecuado en el campo de la ingeniería geo ambiental al comprometerse con la construcción sostenible de estructuras de ingeniería civil sobre suelos cohesivos.

Abdulkareem, Eyada y Mahmood (2021), evaluó el polvo de horno de cemento comercialmente disponible y seleccionado para su uso como estabilizadores del suelo en una investigación de laboratorio. Su método aplicado es relacionado como experimental y aplicada. Se trataron dos suelos naturales lutita y arcilla para evaluar los cambios en sus propiedades de ingeniería. Los especímenes no tratados también se analizaron para servir como condición de control a los cuales se le agregó el polvo de horno de cemento en los porcentajes de 10%, 8% y 6%. El desempeño del estabilizador se evaluó con base en las disposiciones de la norma ASTM. Los resultados de las pruebas indicaron que el rendimiento dependía tanto del tipo de suelo como de la dosis del polvo de horno de cemento. En general, el tratamiento condujo a cambios sustanciales en las propiedades del índice de plasticidad el cual se amplifica de 16 % a 34.97 % al adicionar 10% y la densidad seca máxima no mostro mucho cambio. Sin embargo, en el caso del aumento de CBR si mostro aumento de 18 % a 38 % con el aumento de 10 % de polvo de horno de cemento. En conclusión, se mostró que, aplicados en el contexto adecuado, el polvo de horno de cemento es adecuado para el tratamiento de suelos que presenten gran cantidad de arcilla o suelos prácticamente cohesivos.

Yusoff (2017) en su estudio, se realizó una investigación de laboratorio para examinar el desempeño de TerraZyme en diferentes tipos de suelo. La laterita y el caolín se trataron con TerraZyme al 2% y al 5% para determinar los cambios en las propiedades geotécnicas de los suelos. Los resultados obtenidos fueron analizados e investigados en términos de compactación, Resistencia a la compresión no confinada (UCS) y Relación de carga de California (CBR). Los cambios en las propiedades geotécnicas de los suelos estabilizados y no estabilizados fueron monitoreados después de períodos de curado de 0, 7, 15, 21 y 30 días. Se observaron cambios en las propiedades de compactación, UCS y CBR. Se encontró que la laterita con 5% de TerraZyme dio una mayor densidad seca máxima (MDD)

y disminuyó el contenido de humedad óptimo (OMC). Para el caolín, un porcentaje diferente de TerraZyme no mostró ningún efecto tanto en MDD como en OMC. Para las propiedades de resistencia, se encontró que TerraZyme al 2% mostró el mayor cambio en UCS durante un período de curado de 30 días. El valor de CBR del caolín estabilizado con 2 % de TerraZyme dio un valor de CBR más alto que el caolín tratado con 5 % de TerraZyme. También se encontró que la laterita tratada con TerraZyme dio un valor de CBR más alto. Por último, se puede concluir que TerraZyme no es adecuado para estabilizar caolín; TerraZyme requiere un suelo cohesivo para lograr un mejor rendimiento.

## **ANTECEDENTES NACIONALES**

Ramos (2020), en su investigación aplicó productos como son la fibra de cabuya para estabilizar la subrasante del pavimento y los suelos de base. Estos estabilizadores como la fibra de cabuya no tradicionales pueden ofrecer alternativas viables para estabilizar suelos donde el tratamiento convencional con cal o cemento puede conducir a una expansión excesiva del suelo, estos productos pueden ser menos costosos de usar que la cal o el cemento. Para identificar los mecanismos asociados con una clase de estos productos, se seleccionó un estabilizador de suelo iónico representativo y una arcilla de sodio para un estudio físico-químico detallado. Estas pruebas han demostrado que los principales componentes activos del estabilizador de fibra de cabuya seleccionado, que reaccionan para formar una solución concentrada de bajo pH. Entre los resultados los cambios observados en la química de la arcilla después del tratamiento indicaron que este producto estabilizaría un suelo alterando la red de arcilla. El resultado es la formación de una estructura arcillosa más erosionada y menos expansiva. En conclusión, sobre la base de esta comprensión de los mecanismos subyacentes, los estabilizadores como son la fibra de cabuya aplicados en proporciones de masa de aplicación suficientemente altas pueden mejorar las propiedades de ciertos suelos en algunos proyectos de construcción de carreteras.

Angulo y Rojas (2016) el énfasis del estudio es determinar las consecuencias del aditivo PROES en el comportamiento mecánico del suelo cohesivo del AA. HH el Milagro. Se recolectó una muestra del suelo arcilloso de la ubicación del AA. HH el Milagro, y se tomó aditivo PROES de la fábrica local de aditivo HANSRA. Los

métodos aplicados fueron los ensayos de clasificación de suelos, ensayos de compactación modificados, ensayos de compresión no confinada, ensayos de consolidación unidimensional. Entre los resultados con el aumento de aditivo PROES, el peso unitario seco máximo, el límite elástico, la CBR y la resistencia a la compresión no confinada aumentaron. También se observa la influencia de GC en la microestructura de la arcilla tratada. Después de 5 % de aditivo PROES, las características geotécnicas antes mencionadas se comportan inversamente para el suelo cohesivo seleccionado alcanzando un CBR de 37,89 %. El valor óptimo de aditivo PROES para el suelo cohesivo es de alrededor del 7.5 % y aumentó la resistencia a la compresión no confinada consiguiendo un índice de CBR de 47,11 %. En conclusión, el aplicar el aditivo PROES en suelo cohesivo muestran mejoras en las características esenciales de la subrazante, consiguiendo la estabilización de la misma.

López (2021) realizó investigación sobre la estabilización mediante la aplicación de combinaciones de ceniza de cáscara de arroz y cal en suelos arenosos. Se utilizaron ceniza de cáscara de arroz de incineración no controlada de cascarilla de arroz en hornos convencionales y de quema en laboratorio a temperatura controlada. Los resultados muestran mejoras en la resistencia para todos los contenidos de cal y ceniza de cáscara de arroz y los períodos de tiempo estudiados, y todos los materiales producidos pueden definirse como modificados en lugar de estabilizados. El mejoramiento de suelos arenosos con ceniza de cáscara de arroz es una alternativa a la disposición final con beneficios ambientales, sociales y económicos el cual consiguió un acrecentamiento de CBR de 16.71 % y este consiguió ser el doble de la inicial muestra patrón. En conclusión, la ceniza de cáscara de arroz es un subproducto de la molienda del arroz. Su uso como estabilizador de suelos es una alternativa a la disposición final con beneficio ambiental. Debido a que la ceniza de cáscara de arroz no es auto cementante, se debe agregar un aglutinante hidráulico como la cal para formar cementos para mejorar la resistencia del suelo.

## **ANTECEDENTES LOCALES**

Guzmán (2020) se describen tres aplicaciones relativamente nuevas para controlar la erosión eólica e hídrica utilizando copolímeros de poliacrilamida que



aproveche su capacidad para estabilizar y agregar estructura al suelo en proporción de 5%, 3% y 1%. En la primera aplicación, bajas concentraciones de anicónico, alta pureza La poliacrilamida (PAM) elimina los sedimentos en el agua de escorrentía en más del 90 % cuando se agrega al agua de riego a 10 ppm o a una tasa de 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> por riego. Se utilizaron pruebas de surco de laboratorio para caracterizar el papel del peso molecular, carga y concentraciones de iones en aplicando PAM durante el riego. En la segunda aplicación, el PAM se aplica en sitios de construcción y cortes de caminos a razón de 22.5 kg ha<sup>-2</sup> (tasas diez veces más altas que en el control de riego) lo que resulta en una reducción de la escorrentía de sedimentos en un 60-85% durante lluvias intensas (simuladas). Finalmente, una formulación de PAM mezclada con clorhidrato de aluminio y súper absorbente de poli (ácido acrílico) reticulado en una proporción de (6:1:1) se ha aplicado para crear plataformas de aterrizaje de helicópteros que minimizan las nubes de polvo durante la operación del helicóptero. Esta formulación de 5 % de poliacrilamida fue particularmente perfeccionada y mejoro un CBR inicial de 19.02 % elevándolo hacia un CBR de 39.11 %

Fernández (2017) En el presente estudio, se utilizaron tierra roja disponible localmente, arena, cemento Portland común, cal y Terrazyme para la preparación de suelo que presentaba patrón que era de 16 % de índice de plasticidad, se aseguró que el suelo seleccionado fuera secado al aire, pulverizado para romper los terrones y tamizado a través de un tamiz de 20 mm. El suelo seleccionado se caracterizó por sus propiedades físicas, a saber, límite líquido, límite plástico, límite de contracción, distribución del tamaño de partículas, volumen de sedimento y gravedad específica utilizando los procedimientos estándar especificados por las NTP donde aumento en la MDS de 1.97 g/cm<sup>3</sup> reduciendo su humedad en 33 %. Como no se han realizado intentos previos para usar Terrazyme en la preparación de suelo, se encontró que era necesario comprender su comportamiento con el suelo. Las propiedades físicas relacionadas con el tiempo de un suelo natural tratado con Terrazyme han revelado que el límite líquido se reduce con el tiempo, mientras que el límite plástico aumenta con el envejecimiento. El índice de plasticidad reducido indica que el suelo se está volviendo menos compresible y volumétricamente estable. Se evaluó la resistencia a la compresión no confinada

del suelo tratado con diferentes dosis de Terrazyme en los períodos de envejecimiento, y se llegó a la dosis óptima para el suelo. La adición de Terrazyme ha aumentado la resistencia a la compresión no confinada del suelo alcanzando un 19.21 % de CBR. Se evaluaron las resistencias a la compresión no confinada del suelo con/sin la dosificación óptima de Terrazyme junto con combinaciones de cemento y cal con el tiempo. Se seleccionó la combinación de aditivos y suelo que produjo la mejor resistencia a la compresión no confinada para la preparación de suelo.

Terrones (2018) en su estudio analiza el uso de cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar (SCBA) como estabilizadores químicos en bloques de suelo compactado. Los bloques se ensayaron a flexión y compresión en estado seco y saturado. Las pruebas se realizaron en cantidades de 15%, 10% y 5% con el fin de evaluar los efectos de la adición de cal y SCBA sobre las propiedades mecánicas de los bloques de suelo compactado en la sección Barraza, Trujillo. Los resultados indican que los bloques fabricados con 10% de cal en combinación con 10% de SCBA mostraron un mejor desempeño que los que contenían solo cal. Sin embargo, la adición de cal mejoró la resistencia de los bloques en comparación con los bloques fabricados con tierra llana. Posteriormente se descubrió en relación de CBR sin impregnar de las muestras A y B son 17.92% y 15.44% respectivamente. El CBR con remojar consiguieron 29,86% y 30,29%. También se concluyó que la combinación de SCBA y cal como reemplazo del cemento en la estabilización de bloques de suelo compactado parece ser una alternativa prometedora cuando se consideran temas de consumo de energía y contaminación. También se realizaron pruebas de resistencia geotécnica (prueba de compactación ligera, prueba de compresión libre y pruebas hidráulicas (permeabilidad) en la muestra, en estado estabilizado. Los resultados mostraron que el bagazo de caña de azúcar mejoró algunas de las propiedades geotécnicas de la muestra de suelo. El bagazo de caña de azúcar que es un contaminante importante para el aire y los cuerpos de agua debe eliminarse cuidadosamente de la atmósfera.

### **Enzimas líquidas**

La enzima se combina con las moléculas orgánicas grandes para formar un intermediario reactivo, que intercambia iones con la estructura de la arcilla,

rompiendo la red y provocando el efecto de encubrimiento, que evita una mayor absorción de agua y la pérdida de densidad. La enzima se regenera por la reacción y vuelve a reaccionar. Las enzimas son absorbidas por la red de arcilla y luego liberadas al intercambiarse con cationes metálicos. Tienen un efecto importante sobre la red de arcilla, haciendo que inicialmente se expandan y luego se contraigan. Las enzimas también pueden ser absorbidas por los coloides, lo que les permite ser transportados a través de los medios electrolíticos del suelo. Las enzimas también ayudan a las bacterias del suelo a liberar iones de hidrógeno, lo que da como resultado gradientes de pH en las superficies de las partículas de arcilla, que ayudan a romper la estructura de la arcilla. (Silva, 2018, p. 3)

### **EarthZyme (EZ)**

EarthZyme aquel estabilizador de suelos no tóxico que es aplicado en suelos arcillosos, del mismo modo la enzima EarthZyme tienen amplias aplicaciones biotecnológicas. En particular, las lacasas y ciertas peroxidasas fúngicas de clase II de basidiomicetos de podredumbre blanca se consideran en la degradación de contaminantes orgánicos persistentes. Se han desarrollado a escala piloto procesos prometedores con lacasas inmovilizadas reutilizables en reactores especiales para la degradación de contaminantes en agua. La biorremediación de suelos químicamente complejos con sus grandes comunidades microbianas autóctonas es más difícil. Se emplean hongos vivos y sus enzimas. Bioaumentación, introducción de, por ejemplo, pudriciones blancas para la producción de enzimas en un suelo contaminado y bioestimulación de organismos residentes adecuados mediante manipulaciones nutricionales son estrategias en la degradación de contaminantes en el suelo. La bioaumentación se ha implementado con éxito a pequeña escala para suelos en biolechos y para materiales específicos como los residuos de almazara. (Abdulkareem, Eyada y Mahmood, 2021, p. 11)

Según lo descrito por la fabricación del EZ, el efecto básico de la acción de la enzima en la estructura del suelo se puede resumir en que, inicialmente, la película de agua absorbida se reduce considerablemente y, de hecho, se rompe por completo, como se muestra esquemáticamente en las Figuras 1 y 2. La película de agua que envuelve las partículas, que en última instancia gobiernan la expansión y contracción de los constituyentes coloidales del suelo, no pueden eliminarse por

completo mediante métodos puramente mecánicos. Sin embargo, mediante efectos de temperatura, adición o eliminación de agua con presión mecánica, es posible variar la cantidad de agua retenida de esta manera. Tales variaciones van acompañadas de hinchazón o contracción. Esto proporciona un punto de operación ideal para la enzima. (Oscanoa, 2021, p. 23)

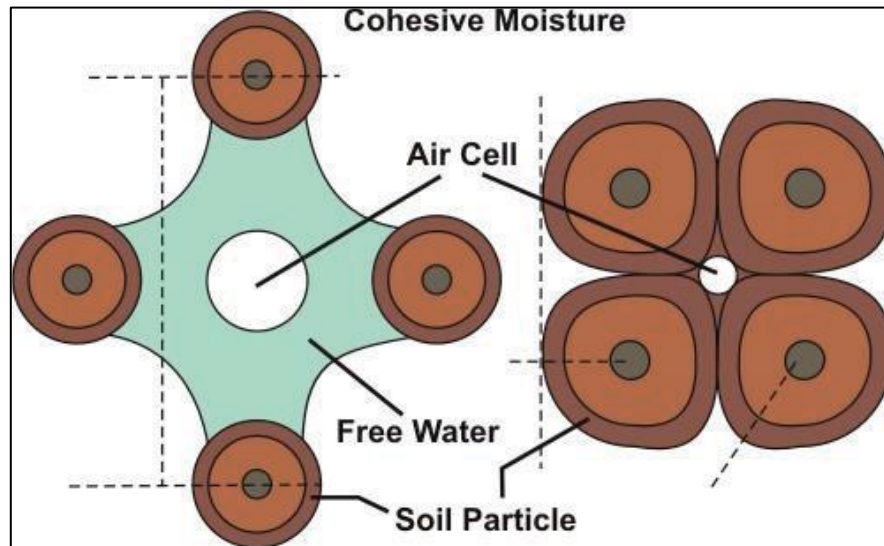


Figura 2: Estructura de EarthZyme.

Fuente: (Oscanoa, 2021, p. 23)

## Bioenzima

Las bioenzimas son soluciones orgánicas producidas por la fermentación de frutas, verduras, azúcar y agua. Estas utilizan las bacterias buenas para digerir los desechos, la suciedad, las manchas y los malos olores. Las bacterias hacen esto mediante la producción de enzimas diseñadas específicamente para descomponer ciertas moléculas (desechos y suelos) en pedazos más pequeños. ¿Suena demasiado simple para ser verdad? De hecho, es una solución milagrosa según miles de usuarios. Es tan simple de hacer que todos pueden hacer el suyo en sus casas. Se hace mejor con cáscaras de cítricos, pero muchas personas también usan cáscaras de zanahoria, pepino y lechuga, que criminalmente terminan en la basura. Las bioenzimas son una forma perfectamente natural de gestionar las necesidades de limpieza de su hogar. Al utilizar esta solución mágica y multipropósito, no cuidará la seguridad de sus seres queridos sino también la del medio ambiente. Existe una necesidad urgente de avanzar hacia una vida natural y sostenible. El planeta se tambalea bajo la contaminación desenfrenada de

productos químicos nocivos. Los cuerpos de agua están severamente contaminados debido al uso de productos químicos. No nos quedará agua limpia si no cambiamos nuestras costumbres. Las bioenzimas que catalizan reacciones dentro de los sistemas vivos muestran una gran promesa para la terapia del cáncer, particularmente cuando se integran con nanopartículas para mejorar su acumulación en los sitios del tumor. Los nanomedicamentos pueden administrar bioenzimas tóxicas en las células cancerosas para causar directamente su muerte para el tratamiento del cáncer. Mediante la modulación del microambiente tumoral, como el pH, la concentración de glucosa, la hipoxia, los niveles redox y la expresión de proteínas de choque térmico, los nanomedicamentos basados en bioenzimas desempeñan funciones cruciales para mejorar la eficacia terapéutica de los tratamientos. (Oscanoa, 2021, p. 31)

### **Mejora del suelo mediante estabilizadores químicos.**

Tal como sugiere el nombre, este método consiste en agregar productos químicos al suelo. Estos productos químicos reaccionan con el suelo, lo que a su vez hace que cambie su estructura (Cañar et al., 2017). Los productos químicos sellan el espacio entre las partículas, sin dejar espacio para que penetre el agua. Entre los productos químicos más comunes que se utilizan para la estabilización del suelo se encuentran el cloruro de sodio, el cloruro de calcio y el silicato de sodio. Otros productos químicos que se agregan al suelo incluyen polímeros, lignina de cromo, clorosilanos de alquilo, siliconitas, aminas y sales de amonio cuaternario (Castro, 2017). Hay varias formas de estabilizar el suelo. El método que elija depende del tipo de suelo que tenga en el sitio del proyecto. Si está buscando un socio estabilizador de suelo definitivo, no busque más allá de Hasten Chemical. Sabemos todo sobre el suelo y nuestra reputación habla por sí sola. Definitivamente somos la mejor empresa de estabilización de suelos en Texas. De hecho, somos el proveedor líder de materiales de estabilización de suelos en todo el mundo. Cuando nos asigne su proyecto, trabajaremos dentro de su presupuesto sin comprometer los resultados finales. Contamos con una amplia variedad de productos que incluyen cloruro de calcio, petróleo y gas, estabilizadores de suelo, adhesivos y selladores, cauchos, alcoholes y carbón entre muchos otros (Cibao, 2017).

Los métodos químicos de estabilización de suelos como el cemento, la cal y las cenizas volantes son opciones populares para fortalecer las subrasantes deficientes. El bajo costo inicial de los productos químicos puede ser atractivo, pero a menudo se pasan por alto otros factores que intervienen en una instalación adecuada, como la compatibilidad con el suelo, el tiempo de curado y las necesidades de equipos especializados. También hay fuertes sanciones por violaciones de los estatutos ambientales y la incertidumbre en torno a su desempeño a largo plazo. Es hora de que volvamos a examinar la estabilización química y la comparemos con la estabilización mecánica comprobada con geomallas. Las geomallas multiaxiales de Tensar son las más avanzadas de la industria. Mejoran el rendimiento de los suelos pobres al entrelazar materiales agregados no ligados. A medida que el material granular atraviesa las aberturas de la geomalla, se restringe lateralmente y obtiene un mayor grado de confinamiento. Esta capa más rígida y estabilizada resiste la formación de surcos, mejora la capacidad de carga y aumenta la capacidad de tráfico, como se muestra en la Figura 2: (Espinoza y Velásquez, 2018, p. 54)

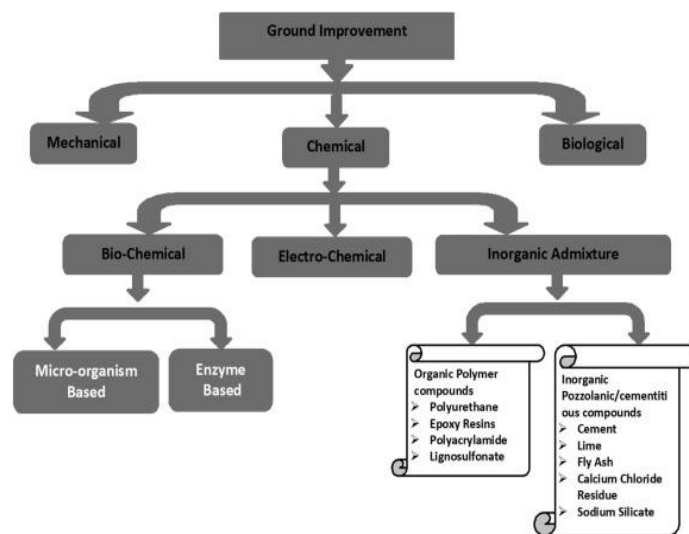


Figura 3: Cuatro subgrupos principales.

Fuente: Oscanoa (2021)

### Polvo de hornos de cemento como residuos

El polvo del horno de cemento (CKD) son productos de la industria que están tan integrados en nuestra vida diaria que a menudo ni siquiera nos damos cuenta. Los datos de la Asociación Mundial del Acero muestran que en 2019 los productores de

arrabio más grandes del mundo fueron China, Japón e India. En el mismo año, Brasil ocupó el sexto lugar, por delante de países como Estados Unidos y Alemania. El proceso productivo de esta industria se inicia en el alto horno, que puede utilizar básicamente dos tipos de combustible. Carbón vegetal, procedente de bosques plantados, o coque procedente de la calefacción con carbón. Con la entrada en los altos hornos de la mezcla de mineral de hierro y combustible, se produce el calentamiento a temperaturas entre 900° y 1200°C. Las altas temperaturas propician la fusión del mineral de hierro y el goteo del arrabio líquido, que cae dentro del crisol en el fondo del horno, generando también dos subproductos: escorias y gases. La figura 1 ilustra este proceso de producción de arrabio (Andrés, 2014)

### Composición

El polvo del horno de cemento (CKD) ya es clasificada por algunos países, como un coproductor de la industria siderúrgica y normalmente, la sílice, el calcio, el aluminio, el magnesio y el oxígeno son más del 95% de su composición. La composición de la escoria de alto horno cambia según los minerales, el tipo de combustible utilizado, las impurezas en el coque cuando se utiliza, etc. Las escorias de industrias que utilizan altos hornos alimentados con carbón generalmente producen escorias ácidas, mientras que las de hornos alimentados con coque generan escorias básicas. Esta clasificación se basa en la relación entre CaO y SiO<sub>2</sub> donde valores menores a 1 representan escoria ácida y mayores a 1 escoria básica (Andrés, 2014, p. 15)

**Tabla 1.** Estructura química de residuos de polvo de hornos.

| Compuesto químico                                     | Valores |
|---|---------|
| Sílice (SiO <sub>2</sub> ),%                          | 15.25   |
| Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ),% | 4.02    |
| Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ),%   | 2.08    |
| Óxido de calcio, (CaO),%                              | 48.51   |
| Óxido de magnesio (MgO),%                             | 1.49    |
| Óxido de azufre (SO <sub>3</sub> ),%                  | 4.64    |
| Óxido de sodio (Na <sub>2</sub> O),%                  | 0.3     |
| Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O),%                 | 2.51    |
| Pérdida por ignición, %                               | 22.2    |
| Gravedad específica, Gs                               | 2.89    |
| Módulo de hidratación                                 | 2.41    |

Fuente: Andrés (2014).

Al igual que ocurre con el cemento tradicional, merece especial atención la molienda y granulometría de materiales cementicios a partir de residuos o subproductos como las escorias de alto horno. La granulometría es importante para obtener un material de alta reactividad y que ofrezca propiedades mecánicas adecuadas para su uso en la construcción civil. Los materiales estabilizadores de polvo del horno de cemento exhiben propiedades puzolánicas que mejoran las propiedades de los suelos arcillosos por hidratación, intercambio catiónico, floculación, reacción puzolánica y carbonatación. (Rondón, 2015).

### **Ventajas**

Cuando se utiliza escoria de alto horno en la composición de cementos binarios y terciarios, etc. Los procesos de clinkerización, molienda, mezcla y transporte tienen una reducción en el consumo de energía y recursos naturales en comparación con el proceso tradicional, reduciendo también las emisiones de CO<sub>2</sub>. El aprovechamiento de estos residuos evita la disposición y reduce el volumen en vertederos industriales, trayendo un beneficio ambiental. El uso de un residuo, reduce significativamente el costo de producción de cemento y, en consecuencia, de hormigón y mortero. En países subdesarrollados con un alto déficit habitacional, como se puede observar en casi todo el hemisferio sur, los materiales de construcción civil pueden llegar a 2/3 del costo total de la edificación y por lo tanto la disminución del precio final de los materiales de construcción civil puede ser una forma importante de garantizar este derecho fundamental garantizado por la Constitución Federal de 1988. Cuando hablamos del concreto en la construcción civil, la primera propiedad que buscamos analizar es la resistencia a la compresión. Informa que ya hay varios artículos donde los autores describen diferentes mezclas, condiciones, origen, etc. que le permiten usar una cierta cantidad de escoria sin afectar significativamente la resistencia. (Andrés, 2014, p. 15)

### **Precauciones**

El polvo del horno de cemento debe considerarse y evaluarse ya que no permita que las víctimas se froten los ojos para evitar daños por tensión mecánica. Quítese los lentes de contacto si la víctima los usa. Incline la cabeza de la víctima, abra bien los párpados y lave los ojos con abundante agua limpia durante 10 a 20 minutos



para eliminar todas las partículas. Evite que las partículas caigan en el ojo ileso o recién lavado. Si es posible, utilice agua isotónica (0,9% NaCl). En caso de irritación consultar a un oftalmólogo. Para el polvo del horno de cemento, retírelo de la piel y lávelo bien con agua. Para cemento húmedo, lavar la piel con abundante agua. Quítense la ropa, zapatos, relojes, etc. contaminados. y límpielos cuidadosamente antes de volver a usarlos. Busque tratamiento médico en todos los casos de irritación o quemaduras (Mekonnen, 2020, p. 21).

### **Suelos cohesivos**

El suelo cohesivo se define individualmente como, los granos de los suelos arcillosos son muy finos, casi harinosos, y se adhieren fuertemente entre sí y no se pueden reconocer a simple vista, vea la imagen a continuación. Los espacios vacíos entre las partículas son muy pequeños y, debido a su estructura, estos suelos son resistentes a la penetración del agua, absorbiéndola muy lentamente. Sin embargo, una vez que el agua ha logrado penetrar en el suelo, también le resulta difícil extraerla de su interior. Al recibir agua, las arcillas tienden a volverse plásticas (aparecen lodos), por lo que tienen un mayor grado de estabilidad cuando se secan. Debido a las fuerzas adhesivas naturales (cohesión) que existen entre las pequeñas partículas que componen este tipo de suelo, la compactación por vibración no es ideal en esta situación. Estas partículas tienden a agruparse, lo que dificulta una redistribución natural entre ellas. (Terrones, 2018, p. 12)

### **Características de Suelos cohesivos**

Al mojarse, este suelo gana cohesión temporal, debemos prestar atención al nivel del nivel freático en el lugar, ya que en ausencia de agua este tipo de suelo solo tiene capacidad de carga superficial, siendo apto para la ejecución de cimentaciones superficiales tales como zapatas y balsa. Están formados por granos microscópicos. Son suelos que al compactarse reprimen mucho ya que por el tamaño del grano se “acomodan” mejor unos a otros, reduciendo los espacios vacíos en la capa. Por esta razón estos suelos son bastante impermeables cuando se compactan. Se consideran suelos cohesivos. Aplicando este conocimiento a los cimientos de una casa, generalmente podemos decir que los suelos cohesivos tienen poca resistencia, lo que dificulta la construcción de cimientos superficiales,

por otro lado, los pilotes en suelos arcillosos tienden a tener resistencia no solo en la punta, sino en el eje del mismo. También vale la pena recordar que los suelos arcillosos tienen un alto grado de plasticidad, es decir, una vez deformados, no vuelven a su “posición” original. (Terrones, 2018, p. 14)

### **Estabilización de suelos**

La estabilización del suelo se puede definir como la alteración de las propiedades del suelo para permitir su uso como material de ingeniería. Los cambios en las propiedades del suelo pueden ser de origen químico, físico y biológico. Teniendo en cuenta el tema de la tesis, se describen con mayor detalle las diferentes técnicas de estabilización química. Los agentes estabilizadores pueden tener mayor o menor eficacia, según el tipo de suelo del que se trate, dada su enorme variedad, tanto física como químicamente (Angulo y Rojas, 2016, p. 2).

La estabilización química con cal o betún tiene un campo de aplicación más limitado, mientras que la estabilización del suelo con cemento es adecuada para la mayoría de los suelos. La elección adecuada del método de estabilización depende en gran medida de las condiciones del nivel freático y de los cambios que pueden ocurrir como resultado de la construcción de carreteras. Los pavimentos de carreteras requieren un buen drenaje de los suelos de cimentación y relleno. El análisis del suelo en los tramos de carretera en los que se espera utilizar estabilización debe basarse en una investigación de las condiciones geológicas e hidrogeológicas. Las magnitudes de los movimientos del agua solo deben medirse en el suelo porque es poco probable que las condiciones de permeabilidad de una muestra de laboratorio sean similares a las del suelo in situ (Enrique, 2006, p. 9).

### **Estructura del suelo arcilloso**

Según Angulo y Rojas (2016) la estructura de un suelo de las que se ocupa el ingeniero vial son, el mantenimiento del volumen o control de la expansibilidad, la resistencia, la durabilidad de esta resistencia y la permeabilidad. La estabilización también debe pensarse no sólo en términos de corrección de propiedades naturales, sino también en términos de medidas preventivas frente a condiciones adversas desarrolladas, tanto durante la construcción como durante la vida útil de la obra. El tratamiento de suelos con estos materiales en movimiento de tierras tiene

dos objetivos: mejorar suelos muy húmedos, ya sean suelos naturales o suelos reutilizados; y formar capas de suelo lo suficientemente rígidas y estables a las variaciones del nivel freático, capaces de permitir el tránsito de obras y soportar la construcción de las capas superiores (p. 5).

### **Contenido orgánico del suelo arcilloso**

En el primer caso, se pretende un cambio rápido en el comportamiento del suelo para permitir la circulación de equipos de trabajo y la ejecución de movimientos de tierra, sin pretender, sin embargo, una mejora significativa de las características mecánicas. Esta mejora constituye el segundo objetivo mencionado, en lo que puede considerarse una transformación del suelo original en un material noble mediante la alteración permanente de sus propiedades. El tratamiento de suelos con ligantes hidráulicos se justifica por necesidades económicas y también por una creciente preocupación ecológica. El desarrollo de esta técnica constructiva está asociado al progreso tecnológico verificado en los últimos años, permitiendo actualmente rendimientos considerables y una buena calidad de construcción (Terrones, 2018, p. 16)

### **Permeabilidad y capacidad de retención de agua del suelo arcilloso**

El suelo arcilloso es uno de los tipos de suelo más populares para usar. Sin embargo, el hecho de que sea famoso no significa que sea fácil de usar. Algunos todavía tienen inmensas dificultades para manejar el suelo arcilloso. Además, el desconocimiento del suelo combinado con la falta de preparación para el cuidado - tanto en herramientas como en procesos- hacen que los suelos arcillosos sean muy dañados por personas sin experiencia. La porosidad es la proporción de un volumen de roca o suelo que consiste en espacios abiertos. Las rocas ígneas y metamórficas como el granito y el esquisto tienen baja porosidad a menos que estén fracturadas. Sin embargo, muchas rocas sedimentarias pueden ser bastante porosas (López y Torbisco, 2021, p. 16)

### **Identificación del suelo arcilloso**

El propósito principal de identificar un suelo en ingeniería es estimar el comportamiento probable del suelo, obteniendo información que oriente a un adecuado análisis de un problema. Son varios los factores que se pueden

considerar para clasificar un suelo, como su estructura, su origen y evolución, la presencia o ausencia de materia orgánica o el relleno de sus vacíos. Una clasificación de suelo ideal sería aquella que busca relacionar el potencial de un suelo con una determinada aplicación de capa de pavimento, lo cual depende de probar sus propiedades físicas y también su comportamiento cuando se usa en el sitio. Esta clasificación fue elaborada por el Prof. Casagrande se centró originalmente en obras aeroportuarias, siendo su uso generalizado aplicado en otro tipo de situaciones. (Terrones, 2018, p. 32)

### **Pavimento**

El pavimento es definido como una estructura construida sobre el terraplén final y diseñada para resistir los esfuerzos verticales derivados del tráfico y distribuirlos, así como los esfuerzos de desgaste horizontales. Además, su función es mejorar las condiciones de rodadura en términos de comodidad y seguridad del usuario, haciendo más duradera la superficie de rodadura. Esta estructura está compuesta por capas superpuestas de diferentes materiales compactados de la subrasante del cuerpo vial, aptos para atender el tránsito de manera duradera y al menor costo posible. La estructura de un pavimento está diseñada para recibir y transmitir fuerzas, aliviando la presión sobre las capas inferiores. Cada una de estas capas tiene funciones que deben proporcionar a los vehículos condiciones adecuadas de apoyo y rodadura. (Huamani, 2017, p. 26)

### **Subrasante**

Es el suelo de cimentación del pavimento. En el caso de movimientos de tierra recientes, la subrasante deberá presentar las características geométricas definitivas. En el caso de un camino de tierra que ha estado en uso durante algún tiempo y se pretende pavimentar, la subrasante tiene una superficie irregular debido a sus propios servicios de uso y conservación. (MTC, 2013)

Regularización: es la capa de espesor irregular, construida sobre la subrasante y destinada a conformarla con el proyecto. El alisado debe dar a la superficie las características geométricas del piso terminado (Huamani, 2017, p. 27)

Refuerzo de subrasante: es una capa de espesor constante, construida sobre la nivelación cuando sea necesario, con características superiores a las de la nivelación e inferiores a las de la capa de subbase (Huamani, 2017, p. 28)

Subbase: es la capa complementaria a la base, cuando por razones técnicas y económicas, no es aconsejable construir la base directamente sobre la regularización o refuerzo de la subrasante. Por regla general, el material que constituya la subbase deberá tener características tecnológicas superiores a las del material de refuerzo e inferiores a las de la capa base (Huamani, 2017, p. 28)

Base: es la capa destinada a resistir los esfuerzos verticales del tráfico ya distribuirlos. En resumen, un pavimento puede considerarse un compuesto de base y revestimiento, y la base puede complementarse o no con la subbase y el refuerzo de la subrasante (Huamani, 2017, p. 28)

Revestimiento: también llamada cubierta de apoyo, es la capa, lo más impermeable posible, que recibe directamente la acción del tráfico y tiene por objeto mejorar la superficie de apoyo en términos de confort y seguridad, además de resistir el desgaste, aumentando la durabilidad de la estructura (Huamani, 2017, p. 28)

**Tabla 2. Categoría CBR**

| CBR                       | Categoría       |
|---------------------------|-----------------|
| $31 \leq \text{CBR}$      | Mejorada        |
| $21 \leq \text{CBR} < 31$ | Casi mejorada   |
| $10 \leq \text{CBR} < 21$ | Adecuada        |
| $7 \leq \text{CBR} < 11$  | No recomendable |
| $4 \leq \text{CBR} < 7$   | Mala            |
| $\text{CBR} < 4$          | Muy mala        |

Fuente: Manual de suelos, Geología, geotecnia y Pavimentos (2014)

### El índice de plasticidad

La influencia de las fracciones finas del suelo no se define solo por el ensayo de granulometría, pues a través de él no es posible tener una noción exacta del comportamiento del conjunto de partículas. Para complementar la caracterización obtenida mediante el estudio de la granulometría del suelo, el profesor Arthur Casagrande adaptó y estandarizó los ensayos propuestos por Atterberg, que tienen en cuenta el comportamiento del suelo en presencia de agua. Los límites se basan

en la observación de que un suelo varía sus aspectos según su contenido de humedad. Para realizar los ensayos y obtener los límites, se debe tomar una fracción de la muestra de suelo ya seca y pasarla por un tamiz de 0,42 mm, de manera que se pasen unos 200 g de material. El material así obtenido constituye la muestra a ensayar. (Adediran, 2008. p. 6)

Los Límite de liquidez (LL), es el paso del estado de consistencia plástica al estado de consistencia líquida, con humedad creciente. Se define este límite como el contenido de humedad de los suelos en los que un surco practicado en él requiere de 25 golpes para cerrarse. Para la realización de la prueba, la preparación de la muestra debe ser hecha de acuerdo con el ítem 8.3.1 de la NBR 6459, que establece que la muestra debe ser colocada en una cápsula de porcelana, agregar lentamente agua destilada y amasar y revolver continuamente con ayuda de una espátula, hasta obtener una pasta homogénea. Luego, parte de la mezcla debe transferirse a la coraza del aparato Casagrande y dividirse en dos partes, de manera que se abra un surco en su parte central. A continuación, girar el mango del aparato y golpear la carcasa contra la base, dejándola caer en caída libre y así anotar el número de golpes necesarios para que se unan los bordes inferiores de la ranura de unos 13 mm de longitud. Luego se debe trasladar una pequeña cantidad del material que se ha unido para que se determine la humedad. El resto de la masa se debe transferir nuevamente a la cápsula y se debe agregar más agua destilada a la muestra, homogeneizando nuevamente con la ayuda de la espátula. Las operaciones descritas anteriormente deben repetirse para obtener cuatro puntos más. Si es imposible abrir la ranura o cerrarla con más de 25 golpes, se considera que la muestra no tiene límite de liquidez. (A. Nakajima y T. Mawatari, 1998. p. 20)

Límite de plasticidad (LP) se lo define como el menor contenido de humedad con el que es posible moldear un cilindro de 3 mm de diámetro, aplanando el suelo con la palma de la mano. El índice de plasticidad se obtiene por la diferencia entre los límites de liquidez y plasticidad y se expresa mediante la ecuación  $IP = LL - LP$ . A mayor IP, mayor plasticidad del suelo evaluado. Un alto índice de plasticidad indica un suelo que puede absorber gran cantidad de agua, lo que provoca un aumento de volumen que, con la remoción de agua, se produce una alta contracción,

ocurriendo asentamientos. En estas condiciones, no tiene inconvenientes como soporte, debido a la inestabilidad. Asimismo, los suelos con bajo índice de plasticidad o los suelos no plásticos no presentan estos inconvenientes. (A. Nakajima y T. Mawatari, 1998. p. 20)

La **compactación del suelo** es la prueba de compactación Proctor está especificada por MTC. Este ensayo sigue el mismo procedimiento general, propuesto por el ensayo de compactación Proctor, para compactar suelos en laboratorio y proporciona la curva de compactación que permite determinar la humedad óptima y la densidad aparente seca máxima para una determinada energía aplicada. Para realizar el ensayo, el material debe secarse al aire o en un horno, pasarse por un tamiz de 2,00 mm y triturarse con un mortero. Luego de estos procedimientos, se deben separar 5 porciones con una masa de 500g, y en cada una de estas muestras agregar agua en volumen creciente para obtener la curva de compactación con 5 puntos, dos puntos por debajo de la humedad óptima y dos puntos por encima. Cada muestra debe homogeneizarse y dejarse reposar durante 24 horas en bolsas de plástico selladas y dentro de una caja de espuma de poliestireno. Después del tiempo de reposo, se inicia la compactación con 190g de cada muestra por separado, utilizando moldes de 50mm de diámetro y 130mm de altura, compactador, anillos de sellado, casquillo, espaciadores, medidor, asiento cilíndrico, varilla y embudo (Adediran, 2008. p. 4)

Según Barrantes (2016) el compactador y el receptáculo de compactación es la energía intermedia recomendada por para la ejecución de bases, se deben aplicar 6 golpes a cada lado de la probeta, los cuales se moldean de tal manera que su altura alcanza los 50 +/- 1cm, si esta condición no se cumple, el resto de la porción de la misma muestra debe compactarse nuevamente. Con el final de la prueba, es posible trazar la curva de compactación y a partir de ella determinar el punto de máxima masa específica aparente seca, que corresponde al contenido de humedad óptimo. (p. 21)

### La prueba de relación de carga de California (CBR)

Según Araujo y Urbano (2020), el CBR y ensayo de expansión proporciona como resultado la capacidad de soporte utilizable en el diseño de pavimentos y en la

elección de materiales para bases, siguiendo la misma línea general del CBR tradicional. El procedimiento ejecutivo está especificado por el MTC y requiere un dispositivo de imbibición, pistón acoplable a un anillo dinamométrico, cronómetro, prensa, papel de filtro, galga extensiométrica, tanque de agua, sobrecarga y guía anular, muestra extractor, horno y balanza. Los especímenes compactados son obtenidos según la metodología de ensayo Proctor. (p. 52)

La determinación del soporte debe realizarse tanto en probetas sumergidas como no sumergidas, y estos dos resultados se obtienen mediante procedimientos diferentes. En los especímenes no sumergidos se debe obtener la penetración aproximadamente 1 hora después de su moldeado, para los especímenes sumergidos se debe realizar la imbibición en un tanque con agua por al menos 12 horas para verificar su dilatación, y luego de este período retirarlos y déjelos reposar alrededor de 1 hora, para luego determinar su penetración donde se muestra una probeta sumergida con sobrecarga y fijación de una galga extensiométrica para medir la dilatación. (Gavilanes, 2015, p. 91)

**La prueba CBR** es el índice de soporte de California es un parámetro frecuentemente utilizado para evaluar la resistencia de soporte de suelos destinados a subrasante, subbase y base de pavimento. Todas las mezclas se compactaron a 3 humedades diferentes, correspondientes a la humedad óptima, una humedad más seca que la óptima y una humedad superior a la óptima. Se destaca que, para el suelo natural utilizado en este estudio (Gavilanes, 2015, p. 92)

Según Cervantes y Cuya (2015), una probeta fijada a la prensa con un extensómetro, donde se toman lecturas correspondientes a penetraciones de 0,25mm, 0,50mm, 0,75mm, 1,00mm, 1,25mm, 1,50mm, 2,0mm, 2,5mm, 3,0mm, 3,5mm, 4,0 mm, 4,5 mm y 5,0 mm. Con los valores obtenidos a través de las lecturas, es posible trazar una curva que relacione la penetración (mm) y la carga (kgf) y a partir de ahí realizar los cálculos para obtener el índice de soporte CBR. Presentan dos métodos de cálculo para obtener este índice: el método de correlaciones y el método de cargas estándar, siendo este último el método teóricamente más correcto y general (p. 43)



### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### El tipo de investigación

Según Tacillo (2016) menciona que toda indagación la cual se basa en normas, reglamentos y bases científicas, son aplicadas, ya que pretenden solucionar un problema en beneficio de la sociedad (p. 88)

Por tal motivo el estudio se centró en un tipo aplicada por que está respaldada en leyes científicas y normas.

##### Diseño de investigación

Según Tacillo (2016) la averiguación experimental consiste en la manipulación intencional de las variables y ver su influencia de las mismas entre ellas. (p. 82)

Por tal motivo el estudio presenta un diseño experimental, por lo que se manipulo la variable independiente y encontró su influencia en la dependiente.

#### 3.2. Variables, operacionalización

**VARIABLE INDEPENDIENTE:** Enzima líquida y material residual de hornos de cemento.

**Definición Conceptual:** Según Fernández (2017) el EarthZyme aquel estabilizador de suelos no tóxico que es aplicado en suelos arcillosos, del mismo modo la enzima EarthZyme tienen amplias aplicaciones biotecnológicas. En particular, las lacasas y ciertas peroxidases fúngicas de clase II de basidiomicetos de podredumbre blanca se consideran en la degradación de contaminantes orgánicos persistentes. El polvo del horno de cemento (CKD) son productos de la industria que están tan integrados en nuestra vida diaria que a menudo ni siquiera nos damos cuenta. Las altas temperaturas propician la fusión del mineral de hierro y el goteo del arrabio líquido, que cae dentro del crisol en el fondo del horno, generando también dos subproductos: escorias y gases.

**Definición operacional:** El material residual de hornos de cemento conjuntamente con las enzimas líquidas se aplicarán sobre las muestras de suelo seleccionadas,

con el interés de evaluar y medir los cambios conseguidos en relación a su compactación y CBR del suelo, realizándolas a través de los ensayos relacionados a los mismos, buscando una mejoría.

Dimensiones:

- Características.  
Aspecto  
pH  
Densidad  
Peso específico  
Clasificación  
Tamaño
- Dosificación de Enzima líquida y material residual de hornos de cemento.  
15%, 12.5  
10%, 7.5%  
y 5%

**VARIABLE DEPENDIENTE:** Estabilización de suelo cohesivo.

**Definición Conceptual:** Fernández (2017) plantea que los suelos cohesivos están formados por granos microscópicos. Son suelos que al compactarse reprimen mucho ya que por el tamaño del grano se “acomodan” mejor unos a otros, reduciendo los espacios vacíos en la capa.

**Definición operacional:** Se pretende estabilizar el suelo, primeramente, en su estado natural, aplicando las normas y procesos establecidos como la resistencia a través del procedimiento del CBR y previamente, encontrando su plasticidad y posteriormente su compactación siguiendo los parámetros establecidos en las normas peruanas.

Dimensiones:

- Resistencia
- Máxima densidad seca
- Plasticidad

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población:

Hernández, Fernández y Baptista, (2014) afirman que la población es el universo en general, el cual se toma para investigar, estos conjuntos comparten características comunes. La población está conformada por camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000) Cajamarca.

#### Muestra:

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) es una parte que representa a la población y en ella se presenta todas las características que aparece en la población. El espécimen está condescendido por todo el suelo cohesivo del camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+500 y 1+500) Cajamarca. Se confeccionarán dos calicatas de 1.60 m de depresión, y con ella la extracción del suelo patrón, por consiguiente, se derivará a transportar la muestra al recinto escogido para ejecutar las pruebas.

#### Muestreo:

Según Niño (2011) en la forma de toma de pruebas las cuales se muestran en el cuadro de unidades de análisis. Se toma las calicatas en los puntos estratégicos.

**Tabla 3.** *Ubicación y características de calicata. (UTM)*

| CALICATAS | LARGO (m) | ANCHO (m) | PROFUNDIDAD (m) | CANTIDAD DE MUESTRA (kg) | UTM COORDENADAS |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------------|--------------------------|-----------------|-----------|
|           |           |           |                 |                          | ESTE            | NORTE     |
| C-1       | 1.30      | 1.30      | 1.60            | 53.00                    | 768551.86       | 966551.86 |
| C-2       | 1.30      | 1.30      | 1.60            | 52.00                    | 769160.34       | 961560.65 |
| C-3       | 1.30      | 1.30      | 1.60            | 53.00                    | 767562.45       | 966521.15 |
| C-4       | 1.30      | 1.30      | 1.60            | 58.00                    | 766312.48       | 963564.48 |
| C-5       | 1.30      | 1.30      | 1.60            | 51.00                    | 765123.93       | 963156.75 |
| C-6       | 1.30      | 1.30      | 1.60            | 54.00                    | 765131.61       | 968566.35 |
| C-7       | 1.30      | 1.30      | 1.60            | 55.00                    | 761125.98       | 961355.48 |
| C-8       | 1.30      | 1.30      | 1.60            | 52.00                    | 760864.65       | 963651.89 |

Fuente: *Elaboración propia.*

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

Las maniobras con el fin de aplicar en el interior de este escudriñamiento consiguen ser experimentos y declaraciones. Por medio de la Guía de recolección de datos, se adquiere demostrar los notables indecorosos que manifiesta el suelo cohesivo

del camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000) Cajamarca.

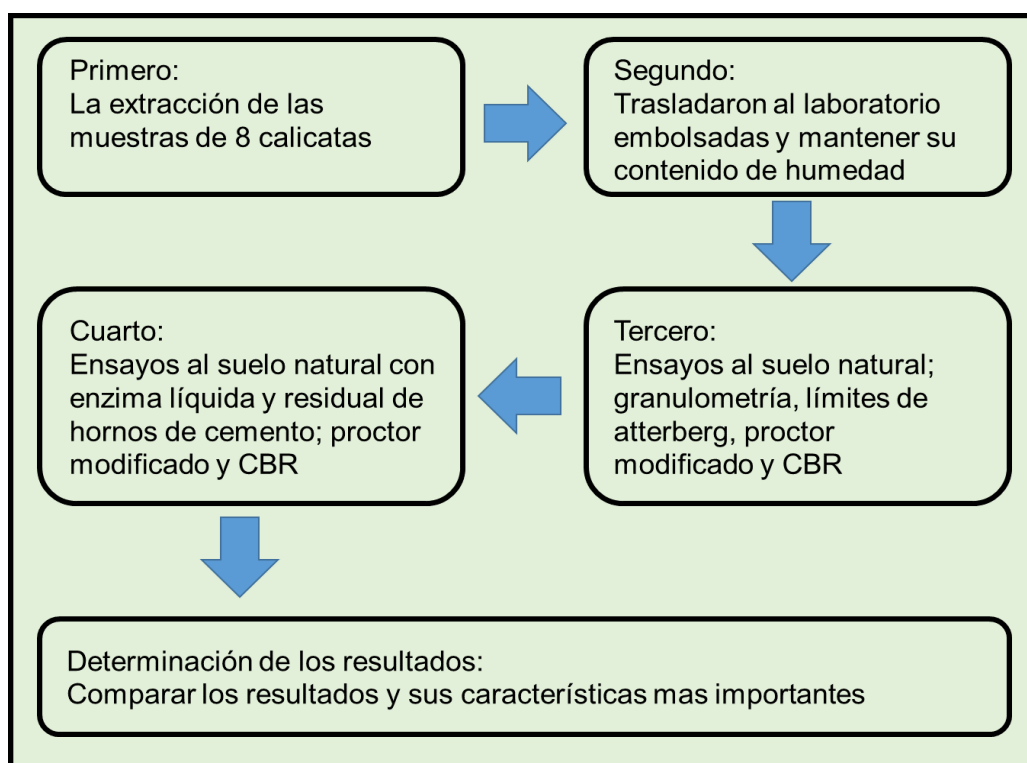
**Tabla 4.** *Instrumento de recolección de datos*

| Instrumento                     | Técnica                  | Tipo         |
|---------------------------------|--------------------------|--------------|
| Reconocimientos de Laboratorios | Expectación experimental | Experimental |

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Los instrumentos aplicados son las fichas de recolección e información los cuales se llenaron en base a los resultados que brinda los ensayos de laboratorio y la aplicación de normas y reglamentos relacionados a todo lo que es la subrasante y el diseño de carreteras. Prueba de California Bearing Ratio (CBR), La indagación asumió como certificados las normas, (MTC E132, AASHTO T193 y ASTM D1883).

### 3.5. Procedimiento



**Figura 4:** Esquema de procedimiento.

Fuente: Propia

### 3.6. Método de análisis de datos

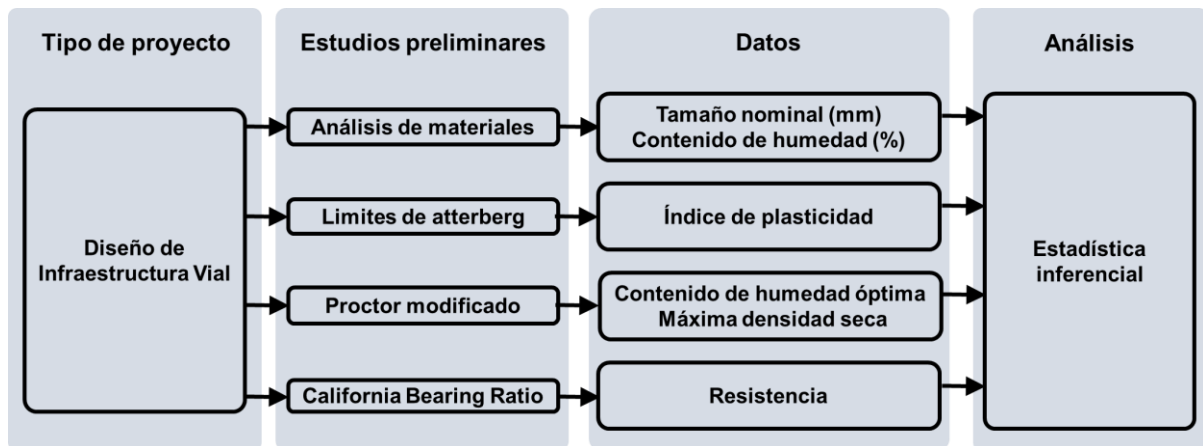


Figura 5: Esquema método de análisis de datos.

Fuente: Propia

### 3.7. Aspectos éticos

Aptitud de ética del propósito se empleó los subsiguientes principios:

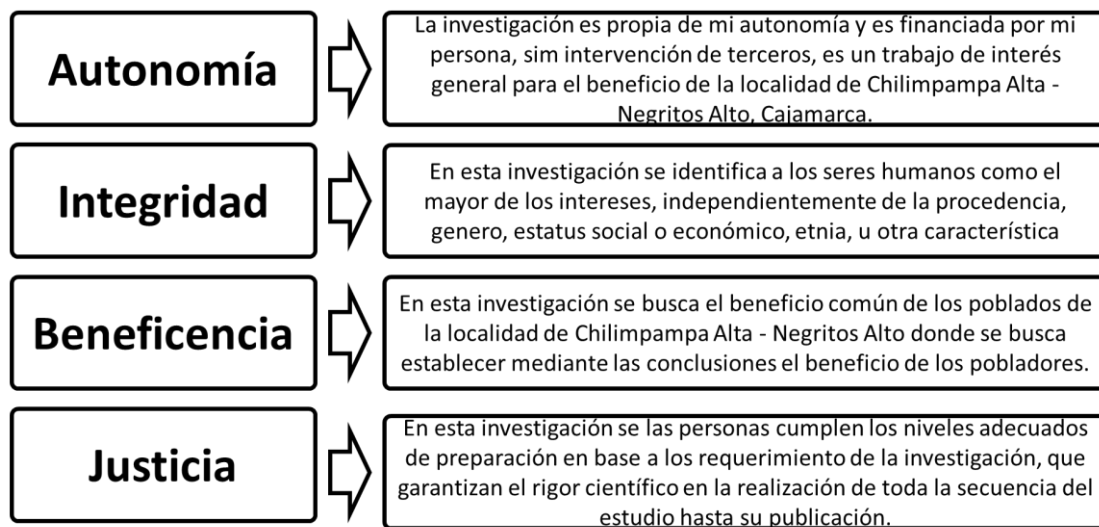


Figura 6: Esquema método de análisis de datos.

Fuente: Propia

## IV. RESULTADOS

### A. CARACTERÍSTICAS

#### Enzimas líquidas

Clasificación: Tipo Enzimático

pH: aproximadamente 6

Aspecto: líquido de color lila

#### Materiales residuales de hornos de cemento

Tamaño: [0,2 - 200] micras

Densidad: 0,91 g/cm<sup>3</sup>

Peso específico: [1.9 - 3] g/cm<sup>3</sup>.

Aspecto: Color gris claro, polvo o arena muy fino

### B. DOSIFICACIÓN

Las dosificaciones aplicadas en el tratamiento de las pruebas del suelo de fue:

**Tabla 5.** *Dosificaciones*

| Muestra                                    | M-1 | M-2   | M-3  | M-4    | M-5  |
|--|-----|-------|------|--------|------|
| Materiales residuales de hornos de cemento | 5 % | 7.5 % | 10 % | 12.5 % | 15 % |
| Enzimas líquidas                           | 5 % | 7.5 % | 10 % | 12.5 % | 15 % |

Fuente: elaboración propia

### C. RESULTADOS PARA MUESTRA NATURAL DEL SUELO

#### Clasificación de suelos

Iniciando los exámenes se realizó la granulometría que nos manifestara el refinamiento del suelo desembolsado de las calicatas proporcionadas y las que se trasladaron en las circunstancias normalizadas y regidas por el laboratorio.

**Tabla 6. Análisis Granulométrico**

| TAMIZ  | AASHTO<br>T-27 | PORCENTAJE QUE PASA |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        | (mm)           | C - 1               | C - 2 | C - 3 | C - 4 | C - 5 | C - 6 | C - 7 | C - 8 |
| 1/4"   | 6.35           | 100.0               | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| N° 4   | 4.75           | 98.27               | 98.19 | 98.02 | 98.32 | 97.59 | 97.72 | 98.10 | 98.25 |
| N° 6   | 3.36           | 96.30               | 96.27 | 96.27 | 96.36 | 95.07 | 95.16 | 96.09 | 96.40 |
| N° 8   | 2.36           | 94.44               | 94.21 | 94.04 | 94.43 | 93.06 | 93.28 | 93.94 | 94.40 |
| N° 10  | 2              | 92.37               | 92.08 | 92.08 | 92.26 | 90.33 | 90.51 | 91.72 | 92.34 |
| N° 16  | 1.18           | 89.62               | 89.44 | 89.27 | 89.75 | 87.74 | 88.05 | 88.99 | 89.76 |
| N° 20  | 0.85           | 87.30               | 86.69 | 86.69 | 86.96 | 84.39 | 84.66 | 86.15 | 87.08 |
| N° 30  | 0.6            | 84.88               | 83.91 | 83.74 | 84.31 | 81.01 | 81.41 | 83.28 | 84.36 |
| N° 40  | 0.425          | 82.35               | 80.82 | 80.82 | 81.18 | 77.97 | 78.33 | 80.10 | 81.34 |
| N° 50  | 0.3            | 79.05               | 77.67 | 77.48 | 78.16 | 74.22 | 74.71 | 76.86 | 78.25 |
| N° 80  | 0.18           | 75.47               | 73.46 | 72.53 | 73.91 | 70.06 | 70.51 | 72.56 | 74.11 |
| N° 100 | 0.15           | 72.30               | 69.24 | 68.12 | 69.82 | 65.24 | 65.82 | 68.25 | 69.95 |
| N° 200 | 0.075          | 68.21               | 64.70 | 63.77 | 65.24 | 60.75 | 61.29 | 63.62 | 65.48 |

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 5 se representa el análisis del tamizado de todas las muestras, este proceso nos condescendió ofrecer la categorización de muestra requerida con la cual podremos evaluar los siguientes ensayos posteriores en esta indagación relacionada a la aplicación de enzima líquida y material residual de hornos de cemento.

**Tabla 7. Clasificación de suelos, límites de Atterberg y distribución Granulométrica**

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS    |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Descripción                | C - 1 | C - 2 | C - 3 | C - 4 | C - 5 | C - 6 | C - 7 | C - 8 |
| Clasificación SUCS         | CL    |       |       |       |       |       |       |       |
| Límite Líquido (LL)        | 31.09 | 32.03 | 30.02 | 29.05 | 32.41 | 31.98 | 32.08 | 32.10 |
| Límite Plástico (LP)       | 18.43 | 18.56 | 18.95 | 18.56 | 19.10 | 18.48 | 18.57 | 18.67 |
| Índice de Plasticidad (IP) | 12.66 | 13.47 | 11.08 | 10.49 | 13.31 | 13.50 | 13.51 | 13.43 |
| Grava (%)                  | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |
| Arena (%)                  | 30    | 33    | 34    | 33    | 37    | 36    | 34    | 33    |
| Finos (%)                  | 68    | 65    | 64    | 65    | 61    | 61    | 64    | 65    |

Fuente: elaboración propia

En el cuadro N° 6 se encuentra los resultados de las clasificaciones de suelo, donde se encontró que el suelo es un compuesto cohesivo y con gran cantidad de arcillas, donde las muestras encontradas se clasifican de la siguiente manera; para las muestras C – 1, C – 2, C – 3, C – 4, C – 5, C – 6, C – 7, y C – 8, con un índice de plasticidad de 31.09 %, 31.09 %, 31.09 %, 31.09 %, 31.09 %, 31.09 %, 31.09 % y 31.09 % respectivamente con 68 %, 68 %, 68 %, 68 %, 68 %, 68 %, 68 % y 68 % de finos.

**Próctor Modificado para muestras naturales.**

Establecer la diferenciación en los efectos del reconocimiento de Próctor Modificado en las diversas adiciones de la Enzima líquida y material residual de hornos de cemento empleadas en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 2+000) Cajamarca – 2022.

Se empleó el reconocimiento de Próctor modificado, con un fin específico de alcanzar el OCH obligatorio para encontrar la MDS del suelo, las cuales se encontrarán ubicadas en la tabla 7 para el espécimen sin transformar al igual al que se le aumenta el material residual de hornos de cemento y las Enzima líquida el cual proveer los resultados siguientes.

**Tabla 8.** Datos Próctor Modificado C – 1 y C – 2

| PROCTOR MODIFICADO | MDS (g/cm3) | O.C.H. (%) |
|--------------------|-------------|------------|
| C - 1              | 1.41        | 28.79      |
| C - 2              | 1.46        | 27.63      |
| C - 3              | 1.42        | 26.22      |
| C - 4              | 1.41        | 28.93      |
| C - 5              | 1.42        | 28.01      |
| C - 6              | 1.41        | 29.68      |
| C - 7              | 1.44        | 27.53      |
| C - 8              | 1.41        | 28.82      |

Fuente: elaboración propia

Se alcanza a representar en la tabla N° 8, el analisis del proctor en el cual se encontro que la MDS fueron de 1.42 g/cm3, 1.45 g/cm3, 1.42 g/cm3, 1.41 g/cm3,



1.42 g/cm<sup>3</sup>, 1.41 g/cm<sup>3</sup>, 1.44 g/cm<sup>3</sup> y 1.41 g/cm<sup>3</sup> y un OCH de 28.81 %, 27.62 %, 26.22 %, 28.93 %, 28.01 %, 29.68 %, 27.53 % y 28.82 % en las muestras C – 1, C – 2, C – 3, C – 4, C – 5, C – 6, C – 7, y C – 8 respectivamente.

### California Bearing Ratio de suelo natural

Los hallazgos encontrados en los ensayos del suelo natural relacionados al CBR del suelo de las 8 calicatas se encuentra en la tabla N° 9 que se presenta a continuación.

**Tabla 9.** Ensayo CBR para la muestra (C – 1)

| VALORES DEL CBR |           |           |           |           |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Muestra         | 0.1"      |           | 0.2"      |           |
|                 | CBR - 95% | CBR -100% | CBR - 95% | CBR -100% |
| C - 1           | 8.87%     | 11.36%    | 35.08%    | 37.11%    |
| C - 2           | 18.26%    | 20.34%    | 40.02%    | 43.03%    |
| C - 3           | 12.37%    | 14.21%    | 34.97%    | 36.84%    |
| C - 4           | 13.86%    | 15.09%    | 40.02%    | 41.52%    |
| C - 5           | 15.03%    | 17.21%    | 39.98%    | 42.02%    |
| C - 6           | 13.37%    | 15.85%    | 35.61%    | 37.24%    |
| C - 7           | 15.03%    | 16.76%    | 37.86%    | 40.37%    |
| C - 8           | 15.89%    | 17.53%    | 39.60%    | 41.78%    |

Fuente: elaboración propia

Se alcanza a representar en el cuadro N° 9 que el CBR fue de 8.87 %, 18.26 %, 12.37 %, 13.86 %, 15.03 %, 13.37 %, 15.03 % y 15.89 % al 95 % con una 0.1" de penetración para las muestras de C – 1, C – 2, C – 3, C – 4, C – 5, C – 6, C – 7, y C – 8 respectivamente. Por tal motivo y tomando como criterio de experiencia en el análisis el valor que representa el mas mínimo CBR, este a su vez se le adicionara los insumos planteados en este estudio para poder ver su efecto en el mismo.

## D. RESULTADOS DE LA ADICION DE MATERIAL RESIDUAL DE HORNOS DE CEMENTO Y ENZIMA LÍQUIDA A LA MUESTRA (C – 1)

### Determinación del índice de plasticidad.

**Tabla 10.** Índice de plasticidad (C – 1) con adición de aditivos

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS    |            |         |         |         |         |
|----------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|
| Descripción                | C-1 + % de |         |         |         |         |
|                            | 5          | 7.5     | 10      | 12.5    | 15      |
| Índice de Plasticidad (IP) | 23.94 %    | 25.05 % | 24.26 % | 26.42 % | 26.76 % |
| Límite Plástico (LP)       | 15.95 %    | 14.91 % | 16.06 % | 17.25 % | 18.03 % |
| Límite Líquido (LL)        | 39.89 %    | 39.96 % | 40.32 % | 43.67 % | 44.79 % |

Fuente: elaboración propia

En la tabla 14 se consigue no perder de vista los diferentes índices de plasticidad que son superiores a los de la muestra patrón, en los especímenes con las distintas proporciones de los agregados adicionales que se les aplico al suelo, dándonos como resultados para el espécimen C-1 con la añadidura de 2.5 % de material residual de hornos de cemento y 2.5 % de enzima líquida un 23.94 % de índice de plasticidad, para el segundo espécimen C-1 con la añadidura de 3.75 % de material residual de hornos de cemento y 3.75 % de enzima líquida un 25.05 % de índice de plasticidad, para el tercer espécimen C-1 con la añadidura de 5 % de material residual de hornos de cemento y 5 % de enzima líquida un 24.26 % de índice de plasticidad, para el penúltimo espécimen C-1 con la añadidura 6.25 % de material residual de hornos de cemento y 6.25 % de enzima líquida un 26.42 % de índice de plasticidad y finalmente C-1 con la añadidura de 7.5 % de material residual de hornos de cemento y 7.5 % de enzima líquida un 26.76 % de índice de plasticidad, en último lugar se logra mencionar que mientras más añadimos de estos insumos al suelo, estos generan un engrandecimiento en las plasticidades como índices.

### Determinación de Proctor.

Para esta parte se evaluaron 5 muestras con las respectivas adiciones de residuos de cemento y Enzimas.

**Tabla 11.** Proctor Modificado (C – 1) con adición de aditivos

| PROCTOR MODIFICADO | O.C.H. (%) | MDS (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------------------|------------|--------------------------|
| C-1 + 15 %         | 22.44      | 1.47                     |
| C-1 + 12.5 %       | 23.09      | 1.50                     |
| C-1 + 10 %         | 28.28      | 1.46                     |
| C-1 + 7.5 %        | 28.86      | 1.45                     |
| C-1 + 5 %          | 28.75      | 1.42                     |

Fuente: elaboración propia

Se hallaron los resultados mostrados en la tabla N° 11 se alcanzó en el espécimen con añadidura de 12.5 % de material residual y enzima una mayor MDS de 1.50 g/cm<sup>3</sup> y con ello un OCH de 23.09 %, se alcanza a referirse que mientras menos MDS para el Proctor modificado en el espécimen que posee una añadidura de 5 % de material residual y enzima líquida una MDS de 1.42 g/cm<sup>3</sup> y con ello un OCH de 28.75 %.

#### **Determinación de CBR.**

En esta prueba se tomó el espécimen (C – 1) con las añadiduras respectivas de 5 %, 7.5 %, 10 %, 12.5 % y 15 % de Enzima líquida y material residual de hornos de cemento donde se realizó con la finalidad de mejorar el CBR.

**Tabla 12.** CBR de muestra (C – 1) con adición de aditivos.

| Muestra      | CBR AL 95 % de 1'' |
|--------------|--------------------|
| C-1 + 5 %    | 41.76              |
| C-1 + 7.5 %  | 43.41              |
| C-1 + 10 %   | 43.45              |
| C-1 + 12.5 % | 47.86              |
| C-1 + 15 %   | 47.81              |

Fuente: elaboración propia

En el cuadro N° 13 se original como CBR en el espécimen (C – 1) con 5 % a un 95 % de entierro de 1'' un 41.76 %. Se original como CBR en el espécimen (C – 1) con 7.5 % a un 95 % de entierro de 1'' un 43.41 %. Se original como CBR en el espécimen (C – 1) con 10 % a un 95 % de entierro de 1'' un 43.45 %. Se original como CBR en el espécimen (C – 1) con 12.5 % a un 95 % de entierro de 1'' un 47.86 %. Se original como CBR en el espécimen (C – 1) con 15 % a un 95 % de

entierro de 1'' un 47.81 %, con lo cual se logró evaluar el suelo planteado como patron C-1 con la añadidura de los dos aditivos agregados.

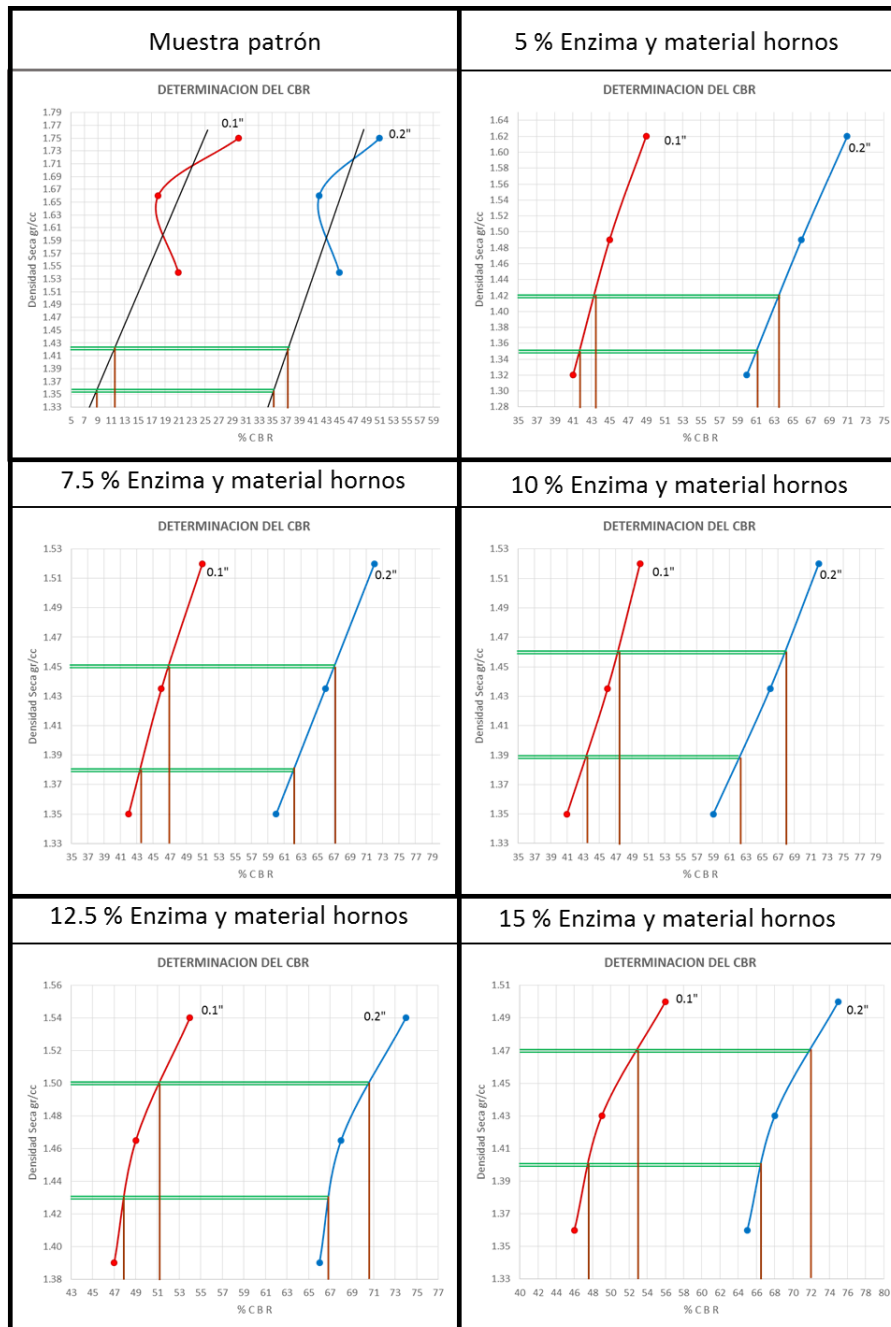


Figura 7. Ensayo CBR para la muestra (C – 1) + agregados

Fuente: elaboración propia

En el grafico N°7 se halló los 3 puntos de los ensayos de densidad para su respectivo CBR el cual grafico la curva y se pudo hacer el hallazgo del CBR trazando las líneas verdes horizontales que muestran el proctor y en la intersección bajando hasta el porcentaje de CBR alcanzado al 95 %.

## V. DISCUSIÓN

Se programó como propósito general considerar las propiedades mecánicas de suelos cohesivos aplicando enzima líquida y material residual de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca – 2022. Según Angulo y Rojas (2016), los suelos cohesivos se definen individualmente como, los granos de los suelos arcillosos son muy finos, casi harinosos, y se adhieren fuertemente entre sí y no se pueden reconocer a simple vista, vea la imagen a continuación. Los espacios vacíos entre las partículas son muy pequeños y, debido a su estructura, estos suelos son resistentes a la penetración del agua, absorbiéndola muy lentamente. Sin embargo, una vez que el agua ha logrado penetrar en el suelo, también le resulta difícil extraerla de su interior. Al recibir agua, las arcillas tienden a volverse plásticas (aparecen lodos), por lo que tienen un mayor grado de estabilidad cuando se secan. En la presente indagación los trascendentales descubrimientos verificados en correspondencia al CBR, densidad seca y plasticidad del suelo cohesivo en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca, se consigue exteriorizar por medio de las material residual de hornos de cemento y enzima líquida perfeccionan las particularidades características del suelo cohesivo, puesto que acrecentó la plasticidad de las muestras recogidas del suelo, debido a esto es más pequeña la necesidad de agua requerida con el propósito de conseguir la compactación del suelo, con esto concibe un gran cambio positivo en el CBR consiguiendo su mejora del suelo suelos cohesivos, así mismo se pudo especificar que modifíco el sistema que compone el suelo el cual se genera que la cohesividad del mismo disminuya y pueda servir como una superficie de resistencia para la ejecución y construcción de un pavimento en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca. Se observa que el suelo natural tiene la máxima densidad seca alcanzando unos  $1.47 \text{ g/cm}^3$ . La adición tanto de material residual de hornos de cemento y enzima líquida contribuye a la reducción de la masa específica, sin embargo. Esto se ejemplifica al observar las mezclas de suelo y su aumento en 12.5 y 15 % de material residual de hornos de cemento y enzima líquida, en la primera la máxima densidad seca alcanzó  $1.5 \text{ g/cm}^3$ , en la segunda el resultado obtenido fue  $1.399 \text{ g/cm}^3$ . Los resultados de las averiguaciones de Amjad (2017)

consiguió evidenciar que el uso del estabilizador EarthZyme ayudo a presentar una subrazante más estable y resistente a la penetración del dial con lo cual consiguió un mejor suelo y al mismo tiempo en consecuencia una mejor zona para poder construir un pavimento., así mismo la investigación de Fernández (2017) evaluó las resistencias a la compresión no confinada del suelo con/sin la dosificación óptima de Terrazyme junto con combinaciones de cemento y cal con el tiempo. Se seleccionó la combinación de aditivos y suelo que produjo la mejor resistencia a la compresión no confinada para la preparación de suelo y en último lugar la investigación de Mekonnen Eshetu [et al.] (2020) concluyo que optar por una bioenzimas adecuado en el campo de la ingeniería geoambiental al comprometerse con la construcción sostenible de estructuras de ingeniería civil sobre suelos cohesivos. Por consiguiente, se contempló que el agregar material residual de hornos y enzima líquida logran aumentar las particularidades esenciales del suelo en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca.

Se trazó como proposito específico apreciar el cambio producido por el material residual de hornos y la enzima líquida en la plasticidad de suelos cohesivos en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca. Según López y Torbisco (2021), el Límite de liquidez (LL), es el paso del estado de consistencia plástica al estado de consistencia líquida, con humedad creciente. Se define este límite como el contenido de humedad de los suelos en los que un surco practicado en él requiere de 25 golpes para cerrarse. Para la realización de la prueba, la preparación de la muestra debe ser hecha de acuerdo con el ítem 8.3.1 de la NBR 6459, que establece que la muestra debe ser colocada en una cápsula de porcelana, agregar lentamente agua destilada y amasar y revolver continuamente con ayuda de una espátula, hasta obtener una pasta homogénea. Luego, parte de la mezcla debe transferirse a la coraza del aparato Casagrande y dividirse en dos partes, de manera que se abra un surco en su parte central. A continuación, girar el mango del aparato y golpear la carcasa contra la base, dejándola caer en caída libre y así anotar el número de golpes necesarios para que se unan los bordes inferiores de la ranura de unos 13 mm de longitud. Luego se debe trasladar una pequeña cantidad del material que se ha unido para que se

determine la humedad. El resto de la masa se debe transferir nuevamente a la cápsula y se debe agregar más agua destilada a la muestra, homogeneizando nuevamente con la ayuda de la espátula. En la actual investigación los principales hallazgos realizados en relación a la plasticidad de suelos cohesivos en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000) Cajamarca, aplicando y no aplicando el material residual de hornos y la enzima líquida, frecuentaron que su plasticidad se amplifica implícitamente en tanto como es 26.76 % en relación al 15 % de aumento del material en el instante precedentemente el espécimen modelo fue en 12.66 %, por otro lado su plasticidad análoga se consigue con el aumento de 12.5 % de los insumos consiguiendo una plasticidad de 26.42 %, con esto se perfecciona la plasticidad de suelos en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca, de esta manera la indagación se apuesta talmente como una opción científica y social en este medio. Los descubrimientos de las indagaciones de Amjad (2017) lo más resaltante en su estudio consistió en la reducción del contaminante presente en el suelo y la mejora del CBR del mismo aplicando EarthZyme, al mismo tiempo luego de realizar este estudio, el mismo que permitió realizar y ejecutar en la zona este estabilizador, logro generar un pavimento más resistente y en mejores condiciones las cuales permitieron un diseño más económico y aplicable en la comunidad. En el transcurso de su aplicación de halló que el EarthZyme produjo aumento de características positivas en los ensayos respectivos a la subrazante, los cuales al mismo tiempo se mencionan a continuación; la plasticidad se catequizó de 24.99 % a 28.98 %, la humedad originaria de 36.87 % esta se redujo con EarthZyme hasta conseguir una humedad de 21.03 % y por último el CBR inicial fue de 10.93 % hasta alcanzar con la aplicación del estabilizador un 30.94 % de índice. Similarmente el estudio de Abdulkareem, Eyada y Mahmood (2021) indica que el tratamiento condujo a cambios sustanciales en las propiedades del índice de plasticidad el cual se amplifica de 16 % a 34.97 % al adicionar 10% y la densidad seca máxima no mostro mucho cambio. Sin embargo, en el caso del aumento de CBR si mostro aumento de 18 % a 38 % con el aumento de 10 % de polvo de horno de cemento. En conclusión, se mostró que, aplicados en el contexto adecuado, el polvo de horno de cemento es adecuado para el tratamiento de suelos que presenten gran cantidad de arcilla o suelos prácticamente cohesivos. En relación podemos indicar que a

mayor cantidad de aumento porcentual del material aumenta las características plásticas del suelo cohesivos de forma significativa en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca.

Se programó como propósito específico establecer el efecto del material residual de hornos y enzima líquida en el óptimo contenido de humedad del suelo cohesivo en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca – 2022. Según Barrantes (2016), es la prueba de compactación Proctor está especificada por MTC. Este ensayo sigue el mismo procedimiento general, propuesto por el ensayo de compactación Proctor, para compactar suelos en laboratorio y proporciona la curva de compactación que permite determinar la humedad óptima y la densidad aparente seca máxima para una determinada energía aplicada. Para realizar el ensayo, el material debe secarse al aire o en un horno, pasarse por un tamiz de 2,00 mm y triturarse con un mortero. Luego de estos procedimientos, se deben separar 5 porciones con una masa de 500g, y en cada una de estas muestras agregar agua en volumen creciente para obtener la curva de compactación con 5 puntos, dos puntos por debajo de la humedad óptima y dos puntos por encima. En la presente búsqueda los más significativos descubrimientos hechos en compensación al OCH de suelos en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca, se hallaron los resultados mostrados en la tabla N° 11 se alcanzó en el espécimen con añadidura de 12.5 % de material residual y enzima una mayor MDS de 1.50 g/cm<sup>3</sup> y con ello un OCH de 23.09 %, se alcanza a referirse que mientras menos MDS para el Proctor modificado en el espécimen que posee una añadidura de 5 % de material residual y enzima líquida una MDS de 1.42 g/cm<sup>3</sup> y con ello un OCH de 28.75 %. Los resultados de Fernández (2017) indican que el índice de plasticidad reducido indica que el suelo se está volviendo menos compresible y volumétricamente estable. Se evaluó la resistencia a la compresión no confinada del suelo tratado con diferentes dosis de Terrazyme en los períodos de envejecimiento, y se llegó a la dosis óptima para el suelo. La adición de Terrazyme ha aumentado la resistencia a la compresión no confinada del suelo alcanzando un 19.21 % de CBR. Se evaluaron las resistencias a la compresión no confinada del suelo con/sin la dosificación óptima de Terrazyme junto con combinaciones de cemento y cal con el tiempo. Se seleccionó la combinación de



aditivos y suelo que produjo la mejor resistencia a la compresión no confinada para la preparación de suelo. En relación podemos indicar que a mayor cantidad de aumento porcentual del material aumenta las características de la MDS de suelos cohesivos de forma significativa en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca.

Se programó como propósito específico establecer el efecto del material residual de hornos y enzima líquida en la resistencia del suelo cohesivo en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca – 2022. Según Gavilanes (2015), el CBR y ensayo de expansión proporciona como resultado la capacidad de soporte utilizable en el diseño de pavimentos y en la elección de materiales para bases, siguiendo la misma línea general del CBR tradicional. El procedimiento ejecutivo está especificado por el MTC y requiere un dispositivo de imbibición, pistón acoplable a un anillo dinamométrico, cronómetro, prensa, papel de filtro, galga extensiométrica, tanque de agua, sobrecarga y guía anular, muestra extractor, horno y balanza. Los especímenes compactados son obtenidos según la metodología de ensayo Proctor. La prueba CBR es el índice de soporte de California es un parámetro frecuentemente utilizado para evaluar la resistencia de soporte de suelos destinados a subrasante, subbase y base de pavimento. Todas las mezclas se compactaron a 3 humedades diferentes, correspondientes a la humedad óptima, una humedad más seca que la óptima y una humedad superior a la óptima. Se destaca que, para el suelo natural utilizado en este estudio. Los resultados de las investigaciones de Mekonnen Eshetu [et al.] (2020) Las ventajas y desventajas de las bioenzimas como agente estabilizador del suelo se presentan de manera sucinta y los principales resultados de los efectos fisicoquímicos sobre las propiedades del suelo se analizan en detalle, estos concurrieron amplificando el CBR en 43 %, 41 %, 38 %, y 32 % respectivamente, mostrando un gran aumento debido a que el CBR patrón fue 9 %. En relación podemos indicar que a mayor cantidad de aumento porcentual del material aumenta las características del CBR de suelos cohesivos de forma significativa en el camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+000 – 11+000), Cajamarca.

## VI. CONCLUSIONES:

1. Se logró identificar las características de las enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento, donde se halló que las enzimas líquidas son de color lila con un pH de aproximadamente 6, mientras que el material residual de hornos de cemento es de color gris más o menos claro, arena o polvo muy fino suave al tacto, con un peso específico que oscila entre 2,0 y 2,9 g/cm<sup>3</sup> y una densidad: aproximadamente de 0,89 g/cm<sup>3</sup>.
1. Se logró interpretar las dosificaciones de las enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento, donde se agregó a la muestra de suelo las dosificaciones de 5 %, 7.5 %, 10 %, 12.5 % y 15 %. Lo cual constituyo que las enzimas líquidas se adicionaron en relación al contenido óptimo de humedad y el material residual de hornos de cemento en relación al peso de la muestra.
2. Se logró establecer la plasticidad de suelo cohesivo con la adición de enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento, demostrando que el índice de plasticidad mejoro y permitiendo una mejor adherencia con el suelo, de esta forma se encontró que la muestra sin tratar aumento de 12.66 % hasta un máximo en el mejor de los casos de 26.76 %.
3. Se concluyó en esta investigación que se logró determinar la máxima densidad seca de suelo cohesivo con la adición de enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento, de tal forma que al aplicar enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento en 12.5 % en los suelos cohesivos, su optimo contenido de humedad disminuyo de 28.81 % hasta 23.09 % consiguiendo una máxima densidad seca de 1.50 g/cm<sup>3</sup> la cual es mayor que la muestra sin aplicar que fue de 1.42 g/cm<sup>3</sup>.
4. Se concluyó en esta investigación que se logró calcular la resistencia del suelo cohesivo con la dosificación de enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento, de tal forma que al incorporarle el uso de enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento en los porcentajes de 5 %, 7.5 %, 10 %, 12.5 % y 15 %, el CBR aumentó a 41.76 %, 43.41 %, 43.45

%, 47.86 % y 47.81 % respectivamente, estando inicialmente antes de aplicar estos elementos en un CBR de 8.87% con lo cual se puede demostrar que mejoran el índice de CBR del suelo cohesivo.

## **VII. RECOMENDACIONES:**

Se recomienda aplicar las enzimas líquidas siempre en relación al contenido de humedad debido a que si no se realiza de esa forma se estaría adicionando una cantidad de líquido distinta a la que requiere el óptimo contenido de humedad. También se sugiere realizar la adición de material residual de hornos de cemento en relación a la cantidad de suelo que se está tomando como muestra.

Es aconsejable que durante la aplicación de las enzimas líquidas en el suelo se realice siempre teniendo en cuenta la temperatura debido a que suele tener una aceleración mayor de evaporización de las enzimas y si no se realizara un cálculo adecuado generara cambios en el contenido de humedad requerido por el suelo.

Se recomienda que el porcentaje adecuado a aplicar en el caso de utilizar enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento, en la estabilización de algún suelo arcilloso o cohesivo, la aplicación de 12.5 % de estos agregados, ya que durante los ensayos fueron los que presentaron mejores resultados.

Se recomienda realizar las calicatas de forma adecuada y al mismo tiempo sacar las muestras en las condiciones necesarias que mantengan la condición natural del suelo al momento del traslado al laboratorio, de ese modo se conservara en las mismas condiciones en las cuales se extrajo.

Averiguar en otras investigaciones acerca de las enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento para la estabilización de una carretera no pavimentada, así mismo también poder complementar los estudios de las enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento de la influencia en la estabilización de suelos con otros ensayos tales como: Compresión simple o Tracción Indirecta.

## REFERENCIAS

Adediran Gbotemi, Abraham. An evaluation of the effects of soil compaction on some physical properties of soils at the Federal University of Technology Yola Research Farm”. Tesis (Ingeniero Civil), Suecia: Departamento de Ciencia del Suelo, Escuela de Agricultura y Tecnología Agrícola, Swedish University of Agricultural Sciences, 2008. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/280837519\\_An\\_evaluation\\_of\\_the\\_effects\\_of\\_soil\\_compaction\\_on\\_some\\_physical\\_properties\\_of\\_soils\\_at\\_the\\_Federal\\_University\\_of\\_Technology\\_Yola\\_Research\\_Farm](https://www.researchgate.net/publication/280837519_An_evaluation_of_the_effects_of_soil_compaction_on_some_physical_properties_of_soils_at_the_Federal_University_of_Technology_Yola_Research_Farm)

Amjad Ali. “Using bamboo biochar with compost for the stabilization and phytotoxicity reduction of heavy metals in mine-contaminated soils of China”. Scientific Reports / Volumen 7 / Número 26 / 2 June 2017/ p. 12. ISSN: 0167-8922 Disponible en: DOI:10.1038/s41598-017-03045-9

Andina Agencia de Noticias. “MTC: Proyecto Perú asegura conservación de 3,231 kilómetros de carreteras” Lima, 19 de agosto del 2009. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-mtc-proyecto-peru-asegura-conservacion-3231-kilometros-carreteras-249200.aspx>

Andrés Sotil Chávez, Ph.D., P.E. “Propuesta De Sistema De Gestión De Pavimentos Para Municipalidades Y Gobiernos Locales”, Revista Infraestructura Vial / LanammeUCR / ISSN: 2215-3705 / Volumen 16 / Número 28 / Octubre, 2014 / p.p. 13-24. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/14582/15637>

Angulo Roldan, Diego y Rojas Escajadillo, Hember Femilanio. Ensayo de fiabilidad con aditivo proes para la estabilización del suelo en el AA. HH El Milagro, 2016. Tesis (Ingeniero civil). Iquitos – Loreto: Universidad Científica del Perú, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, 2016. 113 pp.

Araujo y Urbano. “Estabilización a nivel de subrasante incorporando ceniza de cascara de arroz en calle Integración - Chosica 2019”. Tesis (Ingeniero Civil),

Lima – Peru: Universidad Cesar Vallejo. Escuela profesional de Ingeniería Civil, 2020. Disponible en: <https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV>

A. H. Abdulkareem, S. O. Eyada, N. S. Mahmood. “Improvement of a subgrade soil by using cement kiln dust waste”. Civil Engineering Department, University of Anbar, Ramadi, Iraq. June 2021/ p. 13. Disponible en: DOI: 10.24425/ace.2021.137183

A. Nakajima y T. Mawatari. “Effects of surface topography and running-in upon rolling contact fatigue life - Evaluation by plasticity index”. Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ciencias e Ingeniería Saga University, Honjo - machi, Saga - shi, Saga 840, Japón / Volumen 34 / Número 1 / Octubre, 2007 / p.p. 291-299. ISSN: 0167-8922 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167892298800849#!>

Cañar Tiviano Edwin Santiago. “Análisis Comparativo De La Resistencia Al Corte Y Estabilización De Suelos Arenosos Finos Y Arcillosos Combinadas Con Ceniza De Carbón”. Tesis (Ingeniero Civil), Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. 2017. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitst.pdf>

Castro Cuadra, Axel Franco, “Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante”. Tesis (ingeniero Civil). Perú. Universidad Nacional de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, 2017. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/10054>

Castro Leiva, Laura Yineth. Evaluación del comportamiento del uso de fibras de guadua para el reforzamiento de un suelo areno arcilloso. Tesis (Ingeniero civil). Cundinamarca: Universidad Piloto de Colombia, 2019. 163 pp. Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6483>

Cibao Cemento, “Como estabilizar un suelo arcilloso a la hora de construir” (2017). Perú. 2017. Disponible en: <https://www.cementoscibao.com/estabilizar-suelo-arcilloso-a-la-hora-construir/>

DE LA CRUZ, Lizeth y SALCEDO, Ronald. “Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian –

Huancayo – Junín”. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Peruana de los Andrés, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2016.

Erick Giovanni Gavilanes Bayas. “Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur”. Tesis para optar título de ingeniero civil, Universidad Internacional Del Ecuador, Quito, 2015 Disponible en: <file:///D:/D/Principal/Kelia%20Cabia/Downloads/T-UIDE-1243.pdf>

Enrique Vergara L. Medios de comunicación y globalización: ¿destrucción o reconstrucción de identidades culturales? Universidad Diego Portales. Santiago de Chile, 2006, p. 96. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/38977722.pdf>

Eshetu Mekonnen, Ameha Kebede, Tekle Tafesse and Mesfin Tafesse. “Application of Microbial Bioenzymes in Soil Stabilization”. International Journal of Microbiology / Volumen 20 / 2020 / 8 pages. Article ID 1725482. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/1725482>

Espinoza y Velásquez. “Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Ceniza De Caña De Azúcar En El Tramo De Pinar-Marian, Distrito De Independencia 2018”. Tesis (Ingeniero Civil), Lima – Perú: Universidad Cesar Vallejo. Escuela profesional de Ingeniería Civil, 2018. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26696>

Fernández Gálvez, Hernán Wilbert. Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca. Tesis (Ingeniero civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de Posgrado de Ingeniería Civil, 2017. 114 pp.

Gavilanes Bayas, Erick Giovanni. Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur. Tesis (Ingeniero civil). Quito: Universidad Internacional del Ecuador, Escuela de Ingeniería Civil, 2015. 146 pp.

Gambini Zelada, Jampier Alexander. Estabilización de la subrasante con cloruro de sodio en el Sector 24 la Villa de Huacariz-Cajamarca. Tesis (Ingeniero civil). Chicbote: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, 2021. 90 pp.

Gowthaman, Sivakumar. A State-of-the-Art Review on Soil Reinforcement Technology Using Natural Plant Fiber Materials: Past Findings, Present Trends and Future Directions. *MDPI* [en línea]. 11(4), Abril 2018. [Fecha de consulta: 31 de mayo del 2021]. Disponible en <https://www.mdpi.com/1996-1944/11/4/553> ISSN: 2961-7285

Guzmán Montenegro, Martín Jhair. Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la Victoria, 2020. Tesis (Ingeniero civil). Chiclayo: Universidad particular de Chiclayo, Escuela profesional de Ingeniería Civil, 2020. 66 pp.

Hernández Lara, Josué A., Mejía Ramírez, David R. y Zelaya Amaya, César E. Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador. Tesis (Ingeniero civil). El Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería Civil, 2016. 179 pp.

Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar. 2014. Metodología de la Investigación. Sexta Mexico : Interamericana Editores S.A. de C.V., 2014. pág. 634. [Date of consultation: 19 de octubre 2019]. ISSN: 1993-0461 Available in <http://oldwww.just.edu.jo/~jjce/>

Huamani Arango, Felipe, “Estudio de la influencia de la fibra de cabuya en concretos de  $F'C = 175 \text{ kg/cm}^2$  y  $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$  en el Distrito de Lircay Provincia de Angaraes” Huancavelica. Tesis (Ingeniero civil). Perú: Universidad Nacional de Huancavelica, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2017. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1650>

López Barbarán, Junior. Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín. Tesis (Ingeniero civil). Moyobamba



– San Martín: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, 2021. 119 pp.

Manual de Carreteras. Ministerio de Comunicaciones y Transportes, Lima, Perú, octubre de 2014. Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Ministerio de Comunicaciones y Transportes, Lima, Perú, febrero de 2013. P. 23. Disponible en: <https://cdnweb.construccion.org/normas/file.pdf>

Manuel Borja Suárez, “Metodología de la Investigación Científica para ingenieros” Chiclayo, Perú, 2012, p. 11 Disponible en: <file:///D:/D/Principal/.pdf>

Moale y Rivera. “Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica” (UPC), Lima, Perú, 2019. <http://hdl.handle.net/10757/648846>

MORA, Giovana y ARGUILES, Francisco. “Role of soil stabilization. Journal of the Indian Roads Congress”, 22 (3): 485-516, 1970. ISSN: 0258-0500.

Manual de Carreteras. Ministerio de Comunicaciones y Transportes, Lima, Perú, octubre de 2014. Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Ministerio de Comunicaciones y Transportes, Lima, Perú, febrero de 2013.

Manual de Ensayos de Materiales, Sección, Suelos y Pavimentos. Ministerio de Comunicaciones y Transportes. Lima, Perú, mayo de 2016.

Kanayama y Kawamura. Effect of Waste Bamboo Fiber Addition on Mechanical Properties of Soil. *Open Journal of Civil Engineering* [en línea]. 13 (9), mayo 2019. Pages 173-184 [Fecha de consulta: 31 de mayo del 2021]. Disponible en <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=93543>

Oscanoa Zacarias, Kevin Robert. Estabilizacion de subrasantes blandos aplicando enzima organica y bischofita en carretera no pavimentada km 5+840 al km 6+900, Cajas, Junin. Tesis (Ingeniero civil). Huancayo – Peru: Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingenieria, Escuela Profesional de Ingenieria Civil, 2021. 113 pp.

Ramos Fernández, Porfirio. Mejoramiento de suelo arcilloso nivel subrasante aplicando fibra de cabuya en Av. Cuzco - Distrito mi Perú - callao 2020. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Lima – Callao, 2020.

Rondón, Hugo Alexander y Reyes, Fredy Alberto. P Pavimentos. Materiales, construcción y diseño. ECOEdiciones, 2015. 574pp. ISBN: 9789587711752 Disponible en <http://www.libreriadelau.com/pavimentos-materiales-44-construccion-y-diseno-ingenieria-civil.html>

Silva, Carla. “Practical insights on enzyme stabilization”. Centre of Biological Engineering (CEB), Portugal / VOL. 38, NO. 3, 335–350/ 2018/ p. 16. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1355294>

Tacillo Yauli, Elvis Fernando. Metodología de la investigación científica. Libro. UJBM-Institucional: Universidad Jaime Bausate y Meza. 2016. 102 pp

Terrones Cruz, Andrea Thatiana. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018. Tesis (Ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, 2018. 385 pp.

Waipungu, Richard Robert. The challenges posed by problem soils on the performance of road pavements: review of a Tanzanian manual for pavement design and materials. *Transactions on Ecology and The Environment* [en línea]. 223 (17), 2017. Pages 173-184 [Fecha de consulta: 31 de mayo del 2021]. Disponible en <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/SDP17/SDP17052FU1.pdf>  
ISSN: 1746-448X

Yusoff, Siti Aimi Nadia Mohd. Laboratory investigation of TerraZyme as a soil stabilizer. *Conference Proceedings AIP* [en línea]. 1892, 030014, (2017). Pages 173-184 [Fecha de consulta: 31 de mayo del 2021]. Disponible en <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5005680>

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de las variables

| VARIABLES  | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | DEFINICIÓN OPERACIONAL  | DIMENSIONES  | INDICADORES   | ESCALA DE MEDICIÓN |
|--|---|---|--|---|--------------------|
| <b>(Variables. Independiente)</b><br>Enzima líquida y material residual de hornos de cemento | Según Fernández (2017) EarthZyme es un estabilizador de suelos no tóxico que se ha utilizado con suelos arcillosos para reducir el costo de mantenimiento de carreteras ya que mejora la compactación y aumenta los valores de resistencia. El CKD es un subproducto del proceso de producción del cemento Portland. El material residual de hornos de cemento se elabora quemando las materias primas en el horno rotatorio para fabricar clínker. | Las enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento se identificarán según sus características y se aplicarán en relación a los porcentajes de su dosificación, donde las enzimas líquidas reemplazarán un porcentaje del contenido de humedad y el material residual de hornos de cemento al peso seco del suelo de muestra. | Características  | Aspecto<br>pH<br>Clasificación<br>Peso específico<br>Densidad<br>Tamaño | razón              |
|  |   |   | Dosificación de Enzima líquida y material residual de hornos de cemento. | 5%, 7.5%, 10%, 12.5% y 15%  | razón              |
| <b>(Variables. Dependiente)</b><br>Estabilización de suelo cohesivo                          | Según Fernández (2017) Los suelos cohesivos son suelos de grano fino, de baja resistencia y fácilmente deformables que tienen tendencia a que las partículas se adhieran.   | La estabilización de suelo cohesivo se medirá a través del índice de plasticidad, Máxima densidad seca y Resistencia para los cuales se aplicarán los ensayos de peso específico, proctor modificado y CBR respectivamente  | Plasticidad  | Índice de plasticidad (%)   | razón              |
|  |   |   | Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )                               | Óptimo contenido de humedad   | razón              |
|  |   |   | Resistencia  | California Bearing Ratio (%)  | razón              |

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2: Matriz de consistencia

| TITULO  | PROBLEMA   | OBJETIVO   | HIPÓTESIS  | VARIABLES  | DIMENSIONES  | INDICADORES   |
|---|--|--|--|--|--|---|
| Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022 | ¿Cómo estabilizar el suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca? | Determinar la estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca.                      | Se logra estabilizar los suelos cohesivos mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca. | Variable Independiente:<br>Enzima líquida y material residual de hornos de cemento | Características  | Aspecto<br>pH<br>Clasificación<br>Peso específico<br>Densidad<br>Tamaño |
|   |  | OBJETIVOS ESPECÍFICOS  |  |  | Dosificación de Enzima líquida y material residual de hornos de cemento. | 5%<br>7.5%<br>10%<br>12.5%<br>15%                                       |
|   |  | Identificar las características de las enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca.                                 |  | Variable Dependiente:<br>Estabilización de suelo cohesivo                          | Plasticidad  | Índice de plasticidad (%)   |
|   |  | Interpretar las dosificaciones de las enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca.                                  |  |  | Máxima densidad seca   | Óptimo contenido de humedad (%)   |
|   |  | Establecer la plasticidad de suelo cohesivo con la adición de enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca.          |  |  | Resistencia  | California Bearing Ratio (%)  |
|   |  | Determinar la máxima densidad seca de suelo cohesivo con la adición de enzimas líquidas y materiales residuales de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca. |  |  |  |   |
|   |  | Evaluar la resistencia de los suelos cohesivos mediante la incorporación de enzima líquida y material residual de hornos de cemento en Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca.  |  |  |  |   |

Fuente: Elaboración propia

# Anexo 3: Ensayos de granulometría y límite de consistencia



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

## INFORME DE ENSAYO

|                           |   |                        |   |
|---------------------------|---|------------------------|---|
| <b>SOLICITANTE</b>        | : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y<br>Ayay Chilon, Walter | <b>PROYECTO</b>        | : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima<br>líquida y material residual de hornos de cemento,<br>Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 202. |
| <b>DIRECCIÓN</b>          | : Ate, Lima   | <b>UBICACIÓN</b>       | : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos  |
| <b>REFERENCIA</b>         | : Muestra de suelo C - 1                                      |                        | : Alto (Km: 0+500) Cajamarca.   |
| <b>FECHA DE RECEPCIÓN</b> | : 04 de enero del 2022  | <b>FECHA DE INICIO</b> | : 05 de enero del 2022  |

### MÉTODO DE ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO POR TAMIZADO (ASTM D 422-63 - 2002)

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO |                |             |               |        |
|----------------------------------|----------------|-------------|---------------|--------|
| MALLAS                           |                | RETENIDO    | RETENIDO      | PASA   |
| SERIE AMERICANA                  | ABERTURA (mm)  | PARCIAL (%) | ACUMULADO (%) | (%)    |
| 3"                               | 76200          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 2 1/2"                           | 63500          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 2"                               | 50800          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1 1/2"                           | 38100          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1"                               | 25400          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 3/4"                             | 19050          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1/2"                             | 12700          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 3/8"                             | 9525           | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1/4"                             | 6350           | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| N° 4                             | 4750           | 1.73        | 1.73          | 98.27  |
| N° 6                             | 3360           | 1.97        | 3.70          | 96.30  |
| N° 8                             | 2360           | 1.86        | 5.56          | 94.44  |
| N° 10                            | 2000           | 2.07        | 7.63          | 92.37  |
| N° 16                            | 1180           | 2.75        | 10.38         | 89.62  |
| N° 20                            | 850            | 2.32        | 12.70         | 87.30  |
| N° 30                            | 600            | 2.42        | 15.12         | 84.88  |
| N° 40                            | 425            | 2.53        | 17.65         | 82.35  |
| N° 50                            | 300            | 3.30        | 20.95         | 79.05  |
| N° 80                            | 0.180          | 3.58        | 24.53         | 75.47  |
| N° 100                           | 0.150          | 3.17        | 27.70         | 72.30  |
| N° 200                           | 0.075          | 4.09        | 31.79         | 68.21  |
| -200                             | ASTM D 1140-00 | 68.21       | 100.00        | 0.00   |

| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO                            |                |           |            |
|--|----------------|-----------|------------|
| Límite líquido (%)                                   | ASTM D 4318-05 | :         | <b>31</b>  |
| Límite plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :         | <b>18</b>  |
| Índice plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :         | <b>13</b>  |
| Clasificación SUCS                                   | ASTM D 2487-05 | :         | <b>CL</b>  |
| Clasificación AASHTO                                 | ASTM D 3282    | :         | <b>A-6</b> |
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" |                |           |            |
| Grava (Ret. N° 4)                                    | :              | <b>2</b>  | <b>%</b>   |
| Arena  | :              | <b>30</b> | <b>%</b>   |
| Fino (Pas. N° 200)                                   | :              | <b>68</b> | <b>%</b>   |

Descripción de la muestra: Suelo cohesivo - Arcillas de baja a mediana compresión

**OBSERVACIONES**  
 - Muestra tomada e identificada por personal de JBO INGENIEROS SAC.  
 - Calicata M - 1  
 - Cantidad: 25 Kg. Aprox.



- REFERENCIA:**
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Rev: MMF

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022  
 El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

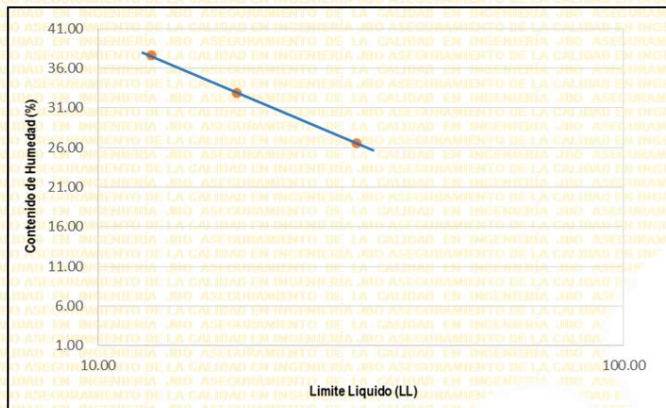
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 1  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                  |     | LÍMITE LÍQUIDO (LL)  |       |       |   |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP)       |       |      |   |   |  |
|------------------------------|-----|----------------------|-------|-------|---|---|----------------------------|-------|------|---|---|--|
|                              |     | 1                    | 2     | 3     | 4 | 5 | 1                          | 2     | 3    | 4 | 5 |  |
| Ensayo N°                    |     |                      |       |       |   |   |                            |       |      |   |   |  |
| Peso del suelo húmedo + Tara | (g) | 66.70                | 70.04 | 73.64 |   |   | 59.30                      | 59.21 |      |   |   |  |
| Peso del suelo seco + Tara   | (g) | 56.36                | 57.93 | 58.72 |   |   | 53.76                      | 54.01 |      |   |   |  |
| Peso de Tara                 | (g) | 21.16                | 21.09 | 19.12 |   |   | 24.32                      | 25.19 |      |   |   |  |
| Peso de agua                 | (g) | 9.34                 | 12.11 | 14.92 |   |   | 5.54                       | 5.20  |      |   |   |  |
| Peso del suelo seco          | (g) | 35.20                | 36.84 | 39.60 |   |   | 29.44                      | 28.82 |      |   |   |  |
| Contenido de Humedad         | (g) | 26.53                | 32.87 | 37.68 |   |   | 18.82                      | 18.04 |      |   |   |  |
| Número de golpes             |     | 34                   | 24    | 17    |   |   |                            |       |      |   |   |  |
| Limite Líquido (LL)          |     | Limite Plástico (LP) |       |       |   |   | Índice de Plasticidad (IP) |       | SUCS |   |   |  |
| 31.09                        |     | 18.43                |       |       |   |   | 12.66                      |       | CL   |   |   |  |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A.  
 Rev.: MMF.

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de homos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 202.  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km. 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 2  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

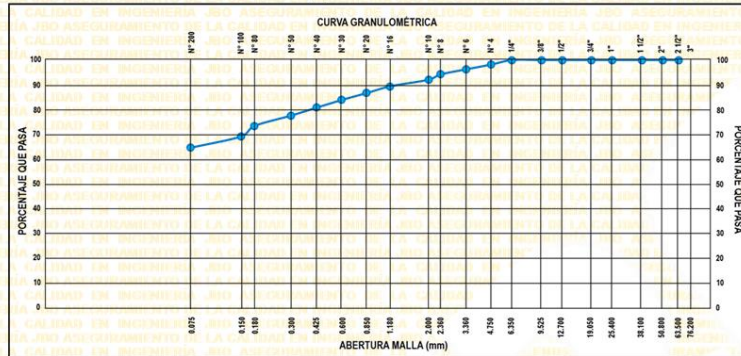
**MÉTODO DE ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO POR TAMIZADO (ASTM D 422-63 - 2002)**

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO |                      |                        |          |
|----------------------------------|----------------------|------------------------|----------|
| MALLAS                           | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| SERIE AMERICANA                  | ABERTURA (mm)        |                        |          |
| 3"                               | 76200                | 0.00                   | 100.00   |
| 2 1/2"                           | 63500                | 0.00                   | 100.00   |
| 2"                               | 50800                | 0.00                   | 100.00   |
| 1 1/2"                           | 38100                | 0.00                   | 100.00   |
| 1"                               | 25400                | 0.00                   | 100.00   |
| 3/4"                             | 19050                | 0.00                   | 100.00   |
| 1/2"                             | 12700                | 0.00                   | 100.00   |
| 3/8"                             | 9525                 | 0.00                   | 100.00   |
| 1/4"                             | 6350                 | 0.00                   | 100.00   |
| N° 4                             | 4750                 | 1.81                   | 98.19    |
| N° 6                             | 3360                 | 1.92                   | 98.08    |
| N° 8                             | 2360                 | 2.06                   | 97.94    |
| N° 10                            | 2000                 | 2.13                   | 97.87    |
| N° 16                            | 1180                 | 2.64                   | 97.36    |
| N° 20                            | 850                  | 2.75                   | 97.25    |
| N° 30                            | 600                  | 2.78                   | 97.22    |
| N° 40                            | 425                  | 3.09                   | 96.91    |
| N° 50                            | 300                  | 3.15                   | 96.85    |
| N° 80                            | 0.180                | 4.21                   | 95.79    |
| N° 100                           | 0.150                | 4.22                   | 95.78    |
| N° 200                           | 0.075                | 4.54                   | 95.46    |
| -200                             | ASTM D 1140-00       | 64.70                  | 100.00   |

| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO                            |                |             |            |
|--|----------------|-------------|------------|
| Limite líquido (%)                                   | ASTM D 4318-05 | :           | <b>32</b>  |
| Limite plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :           | <b>19</b>  |
| Índice plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :           | <b>13</b>  |
| Clasificación SUCS                                   | ASTM D 2487-05 | :           | <b>CL</b>  |
| Clasificación AA SHTO                                | ASTM D 3282    | :           | <b>A-6</b> |
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" |                |             |            |
| Grava (Ret. N° 4)                                    | :              | <b>2</b> %  |            |
| Arena  | :              | <b>33</b> % |            |
| Fino (Pas. N° 200)                                   | :              | <b>65</b> % |            |

Descripción de la muestra: Suelo cohesivo - Arillas de baja a mediana compresión

**OBSERVACIONES**  
 - Muestra tomada e identificada por personal de JBO INGENIEROS SAC.  
 - Calicata C - 2  
 - Cantidad: 25 Kg. Aprox



- REFERENCIA:**
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - STM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



*Marcado*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: MMF. El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

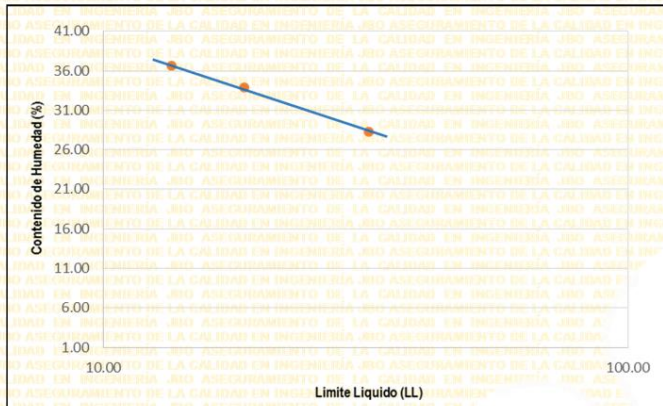
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 2  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                  |     | LÍMITE LÍQUIDO (LL)  |       |       |   |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP)       |       |      |   |   |  |
|------------------------------|-----|----------------------|-------|-------|---|---|----------------------------|-------|------|---|---|--|
|                              |     | 1                    | 2     | 3     | 4 | 5 | 1                          | 2     | 3    | 4 | 5 |  |
| Ensayo N°                    |     |                      |       |       |   |   |                            |       |      |   |   |  |
| Peso del suelo húmedo + Tara | (g) | 66.00                | 71.61 | 75.88 |   |   | 59.27                      | 59.14 |      |   |   |  |
| Peso del suelo seco + Tara   | (g) | 56.13                | 58.81 | 60.67 |   |   | 53.66                      | 53.93 |      |   |   |  |
| Peso de Tara                 | (g) | 21.20                | 21.03 | 19.10 |   |   | 24.13                      | 25.19 |      |   |   |  |
| Peso de agua                 | (g) | 9.87                 | 12.80 | 15.21 |   |   | 5.61                       | 5.21  |      |   |   |  |
| Peso del suelo seco          | (g) | 34.93                | 37.78 | 41.57 |   |   | 29.53                      | 28.74 |      |   |   |  |
| Contenido de Humedad         | (g) | 28.26                | 33.88 | 36.59 |   |   | 19.00                      | 18.13 |      |   |   |  |
| Número de golpes             |     | 33                   | 23    | 18    |   |   |                            |       |      |   |   |  |
| Limite Líquido (LL)          |     | Limite Plástico (LP) |       |       |   |   | Índice de Plasticidad (IP) |       | SUCS |   |   |  |
| 32.03                        |     | 18.56                |       |       |   |   | 13.47                      |       | CL   |   |   |  |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A.  
 Rev.: MMF.

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.





**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter **PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 202;

**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos

**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 3 **Alto (Km: 1+500) Cajamarca.**

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022 **FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

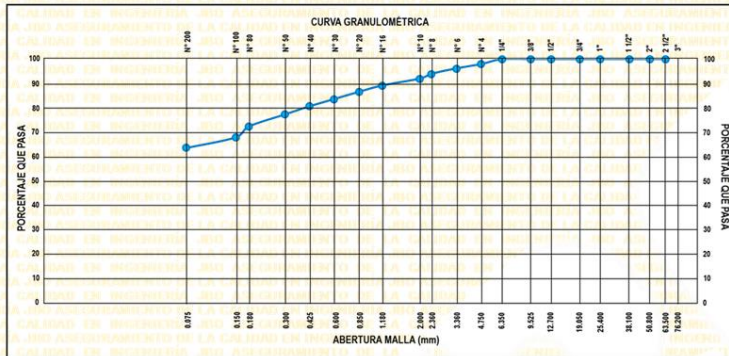
**MÉTODO DE ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO POR TAMIZADO (ASTM D 422-63 - 2002)**

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO |                |             |               |        |
|----------------------------------|----------------|-------------|---------------|--------|
| MALLAS                           |                | RETENIDO    | RETENIDO      | PASA   |
| SERIE AMERICANA                  | ABERTURA (mm)  | PARCIAL (%) | ACUMULADO (%) | (%)    |
| 3"                               | 76.200         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 2 1/2"                           | 63.500         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 2"                               | 50.800         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1 1/2"                           | 38.100         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1"                               | 25.400         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 3/4"                             | 19.050         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1/2"                             | 12.700         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 3/8"                             | 9.525          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1/4"                             | 6.350          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| N° 4                             | 4.750          | 1.98        | 1.98          | 98.02  |
| N° 6                             | 3.360          | 1.75        | 3.73          | 96.27  |
| N° 8                             | 2.360          | 2.23        | 5.96          | 94.04  |
| N° 10                            | 2.000          | 1.96        | 7.92          | 92.08  |
| N° 16                            | 1.180          | 2.81        | 10.73         | 89.27  |
| N° 20                            | 0.850          | 2.58        | 13.31         | 86.69  |
| N° 30                            | 0.600          | 2.95        | 16.26         | 83.74  |
| N° 40                            | 0.425          | 2.92        | 19.18         | 80.82  |
| N° 50                            | 0.300          | 3.34        | 22.52         | 77.48  |
| N° 80                            | 0.180          | 4.95        | 27.47         | 72.53  |
| N° 100                           | 0.150          | 4.41        | 31.88         | 68.12  |
| N° 200                           | 0.075          | 4.35        | 36.23         | 63.77  |
| -200                             | ASTM D 1140-00 | 63.77       | 100.00        | 0.00   |

| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO                            |                |           |            |
|--|----------------|-----------|------------|
| Limite y liquido (%)                                 | ASTM D 4318-05 | :         | <b>30</b>  |
| Limite plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :         | <b>19</b>  |
| Índice plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :         | <b>11</b>  |
| Clasificación SUCS                                   | ASTM D 2487-05 | :         | <b>CL</b>  |
| Clasificación AASHTO                                 | ASTM D 3282    | :         | <b>A-6</b> |
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" |                |           |            |
| Grava (Ret. N° 4)                                    | :              | <b>2</b>  | <b>%</b>   |
| Arena  | :              | <b>34</b> | <b>%</b>   |
| Fino (Pas. N° 200)                                   | :              | <b>64</b> | <b>%</b>   |

Descripción de la muestra: Suelo cohesivo - Arcillas de baja a mediana compresión

**OBSERVACIONES**  
 - Muestra tomada e identificada por personal de JBO INGENIEROS SAC.  
 - Calicata C - 3  
 - Cantidad: 25 Kg. Aprox.



- REFERENCIA:**
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Rev.: M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

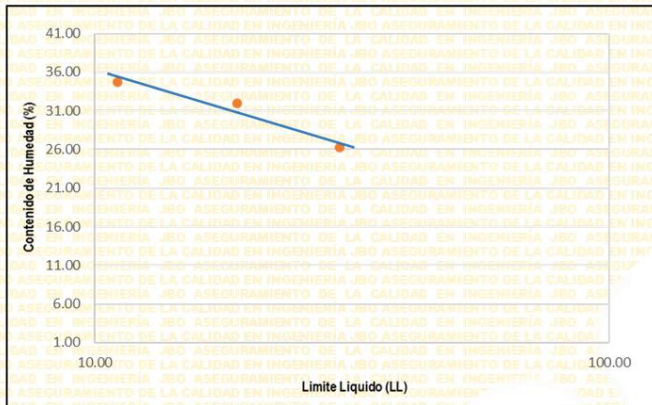
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 3  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                  |     | LÍMITE LÍQUIDO (LL)  |       |       |   |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP)       |       |   |      |   |  |  |
|------------------------------|-----|----------------------|-------|-------|---|---|----------------------------|-------|---|------|---|--|--|
|                              |     | 1                    | 2     | 3     | 4 | 5 | 1                          | 2     | 3 | 4    | 5 |  |  |
| Ensayo N°                    |     |                      |       |       |   |   |                            |       |   |      |   |  |  |
| Peso del suelo húmedo + Tara | (g) | 66.11                | 71.72 | 75.99 |   |   | 59.38                      | 59.25 |   |      |   |  |  |
| Peso del suelo seco + Tara   | (g) | 56.83                | 59.51 | 61.37 |   |   | 53.77                      | 54.04 |   |      |   |  |  |
| Peso de Tara                 | (g) | 21.37                | 21.20 | 19.27 |   |   | 24.83                      | 25.89 |   |      |   |  |  |
| Peso de agua                 | (g) | 9.28                 | 12.21 | 14.62 |   |   | 5.61                       | 5.21  |   |      |   |  |  |
| Peso del suelo seco          | (g) | 35.46                | 38.31 | 42.10 |   |   | 28.94                      | 28.15 |   |      |   |  |  |
| Contenido de Humedad         | (g) | 26.17                | 31.87 | 34.73 |   |   | 19.38                      | 18.51 |   |      |   |  |  |
| Número de golpes             |     | 33                   | 23    | 18    |   |   |                            |       |   |      |   |  |  |
| Límite Líquido (LL)          |     | Límite Plástico (LP) |       |       |   |   | Índice de Plasticidad (IP) |       |   | SUCS |   |  |  |
| 30.02                        |     | 18.95                |       |       |   |   | 11.08                      |       |   | CL   |   |  |  |



**REFERENCIA:**

- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 202:  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 4  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

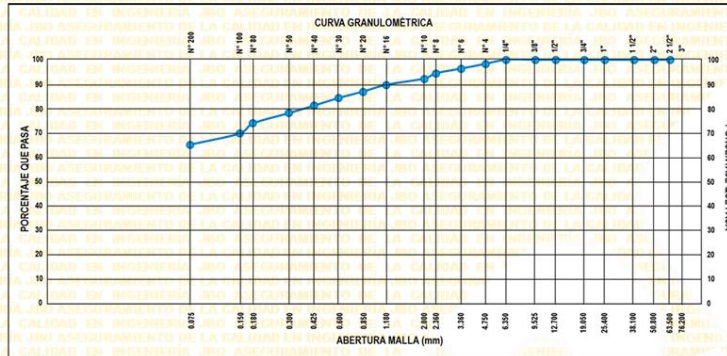
**MÉTODO DE ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO POR TAMIZADO (ASTM D 422-63 - 2002)**

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO |                      |                        |          |
|----------------------------------|----------------------|------------------------|----------|
| MALLAS                           | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| SERIE AMERICANA                  | ABERTURA (mm)        |                        |          |
| 3"                               | 76.200               | 0.00                   | 100.00   |
| 2 1/2"                           | 63.500               | 0.00                   | 100.00   |
| 2"                               | 50.800               | 0.00                   | 100.00   |
| 1 1/2"                           | 38.100               | 0.00                   | 100.00   |
| 1"                               | 25.400               | 0.00                   | 100.00   |
| 3/4"                             | 19.050               | 0.00                   | 100.00   |
| 1/2"                             | 12.700               | 0.00                   | 100.00   |
| 3/8"                             | 9.525                | 0.00                   | 100.00   |
| 1/4"                             | 6.350                | 0.00                   | 100.00   |
| N° 4                             | 4.750                | 1.68                   | 98.32    |
| N° 6                             | 3.360                | 1.96                   | 96.36    |
| N° 8                             | 2.360                | 1.93                   | 94.43    |
| N° 10                            | 2.000                | 2.17                   | 92.26    |
| N° 16                            | 1.180                | 2.51                   | 89.75    |
| N° 20                            | 0.850                | 2.79                   | 86.96    |
| N° 30                            | 0.600                | 2.65                   | 84.31    |
| N° 40                            | 0.425                | 3.13                   | 81.18    |
| N° 50                            | 0.300                | 3.02                   | 78.16    |
| N° 80                            | 0.180                | 4.25                   | 73.91    |
| N° 100                           | 0.150                | 4.09                   | 69.82    |
| N° 200                           | 0.075                | 4.58                   | 65.24    |
| -200                             | ASTM 1140-00         | 65.24                  | 100.00   |

| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO                          |                |           |            |
|--|----------------|-----------|------------|
| Limite liquido (%)                                 | ASTM D 4318-05 | :         | <b>29</b>  |
| Limite plástico (%)                                | ASTM D 4318-05 | :         | <b>19</b>  |
| Índice plástico (%)                                | ASTM D 4318-05 | :         | <b>10</b>  |
| Clasificación SUCS                                 | ASTM D 2487-05 | :         | <b>CL</b>  |
| Clasificación AASHTO                               | ASTM D 3282    | :         | <b>A-6</b> |
| ASTM 2488 "Descripción e Identificación de suelos" |                |           |            |
| Grava (Ret. N° 4)                                  | :              | <b>2</b>  | <b>%</b>   |
| Arena  | :              | <b>33</b> | <b>%</b>   |
| Fino (Pas. N° 200)                                 | :              | <b>65</b> | <b>%</b>   |

Descripción de la muestra: Suelo cohesivo - Arcillas de baja a mediana compresión

**OBSERVACIONES**  
 - Muestra tomada e identificada por personal de JBO INGENIEROS SAC.  
 - Calicata C - 4  
 - Cantidad: 25 Kg. Aprox.



- REFERENCIA:**
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



**MARCO ANTONIO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: M.F.F. El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

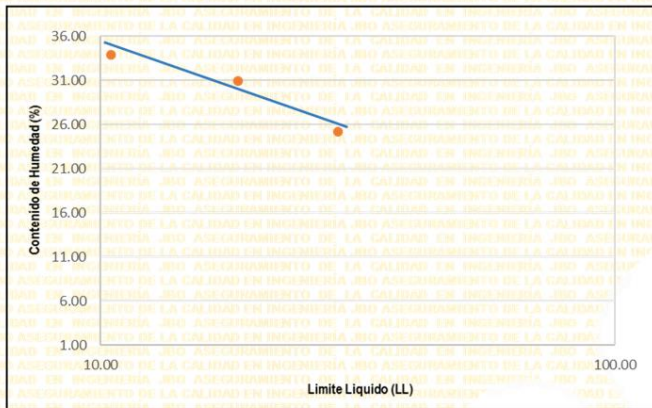
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 4  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                      | LÍMITE LÍQUIDO (LL) |       |       |   |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP) |       |   |   |   |
|----------------------------------|---------------------|-------|-------|---|---|----------------------|-------|---|---|---|
|                                  | 1                   | 2     | 3     | 4 | 5 | 1                    | 2     | 3 | 4 | 5 |
| Ensayo N°                        |                     |       |       |   |   |                      |       |   |   |   |
| Peso del suelo húmedo + Tara (g) | 65.89               | 71.50 | 75.77 |   |   | 59.16                | 59.03 |   |   |   |
| Peso del suelo seco + Tara (g)   | 56.93               | 59.61 | 61.47 |   |   | 53.55                | 53.82 |   |   |   |
| Peso de Tara (g)                 | 21.31               | 21.14 | 19.21 |   |   | 24.02                | 25.08 |   |   |   |
| Peso de agua (g)                 | 8.96                | 11.89 | 14.30 |   |   | 5.61                 | 5.21  |   |   |   |
| Peso del suelo seco (g)          | 35.62               | 38.47 | 42.26 |   |   | 29.53                | 28.74 |   |   |   |
| Contenido de Humedad (g)         | 25.15               | 30.91 | 33.84 |   |   | 19.00                | 18.13 |   |   |   |
| Número de golpes                 | 33                  | 23    | 18    |   |   |                      |       |   |   |   |
| Limite Líquido (LL)              | 29.05               |       |       |   |   | 18.56                |       |   |   |   |
| Limite Plástico (LP)             |                     |       |       |   |   | 10.49                |       |   |   |   |
| Índice de Plasticidad (IP)       |                     |       |       |   |   | CL                   |       |   |   |   |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 202:  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 5  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

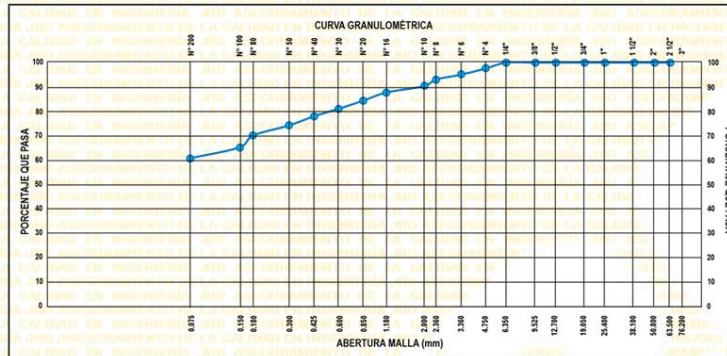
**MÉTODO DE ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO POR TAMIZADO (ASTM D 422-63 - 2002)**

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO |                |                      |                        |          |
|----------------------------------|----------------|----------------------|------------------------|----------|
| MALLAS AMERICANA                 |                | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| SERIE                            | ABERTURA (mm)  |                      |                        |          |
| 3"                               | 76.200         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 2 1/2"                           | 63.500         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 2"                               | 50.800         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 1 1/2"                           | 38.100         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 1"                               | 25.400         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 3/4"                             | 19.050         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 1/2"                             | 12.700         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 3/8"                             | 9.525          | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 1/4"                             | 6.350          | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| N° 4                             | 4.750          | 2.41                 | 2.41                   | 97.59    |
| N° 6                             | 3.360          | 2.52                 | 4.93                   | 95.07    |
| N° 8                             | 2.360          | 2.01                 | 6.94                   | 93.06    |
| N° 10                            | 2.000          | 2.73                 | 9.67                   | 90.33    |
| N° 16                            | 1.180          | 2.59                 | 12.26                  | 87.74    |
| N° 20                            | 0.850          | 3.35                 | 15.61                  | 84.39    |
| N° 30                            | 0.600          | 3.38                 | 18.99                  | 81.01    |
| N° 40                            | 0.425          | 3.04                 | 22.03                  | 77.97    |
| N° 50                            | 0.300          | 3.75                 | 25.78                  | 74.22    |
| N° 80                            | 0.180          | 4.16                 | 29.94                  | 70.06    |
| N° 100                           | 0.150          | 4.82                 | 34.76                  | 65.24    |
| N° 200                           | 0.075          | 4.49                 | 39.25                  | 60.75    |
| -200                             | ASTM D 1140-00 | 60.75                | 100.00                 | 0.00     |

| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO                            |                |           |            |
|--|----------------|-----------|------------|
| Limite y liquido (%)                                 | ASTM D 4318-05 | :         | <b>32</b>  |
| Limite plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :         | <b>19</b>  |
| Índice plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :         | <b>13</b>  |
| Clasificación SUCS                                   | ASTM D 2487-05 | :         | <b>CL</b>  |
| Clasificación AASHTO                                 | ASTM D 3282    | :         | <b>A-6</b> |
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" |                |           |            |
| Grava (Ret. N° 4)                                    | :              | <b>2</b>  | %          |
| Arena  | :              | <b>37</b> | %          |
| Fino (Pas. N° 200)                                   | :              | <b>61</b> | %          |

Descripción de la muestra: Suelo cohesivo - Arcillas de baja a mediana compresión

**OBSERVACIONES**  
 - Muestra tomada e identificada por personal de JBO INGENIEROS SAC.  
 - Calicata C - 5  
 - Cantidad: 25 Kg. Aprox.



- REFERENCIA:**
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



*Marcado*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: M.F. El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

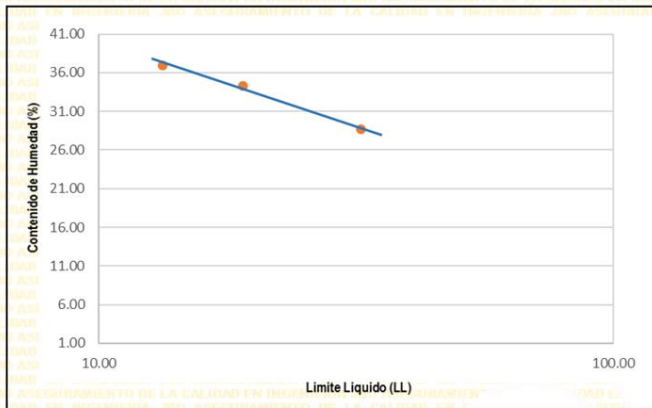
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 5  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                      | LÍMITE LÍQUIDO (LL) |       |       |   |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP)       |       |   |   |   |
|----------------------------------|---------------------|-------|-------|---|---|----------------------------|-------|---|---|---|
|                                  | 1                   | 2     | 3     | 4 | 5 | 1                          | 2     | 3 | 4 | 5 |
| Ensayo N°                        |                     |       |       |   |   |                            |       |   |   |   |
| Peso del suelo húmedo + Tara (g) | 66.08               | 71.69 | 75.96 |   |   | 59.35                      | 59.22 |   |   |   |
| Peso del suelo seco + Tara (g)   | 56.10               | 58.78 | 60.64 |   |   | 53.61                      | 53.88 |   |   |   |
| Peso de Tara (g)                 | 21.27               | 21.10 | 19.17 |   |   | 24.22                      | 25.28 |   |   |   |
| Peso de agua (g)                 | 9.98                | 12.91 | 15.32 |   |   | 5.74                       | 5.34  |   |   |   |
| Peso del suelo seco (g)          | 34.83               | 37.68 | 41.47 |   |   | 29.39                      | 28.60 |   |   |   |
| Contenido de Humedad (g)         | 28.85               | 34.26 | 36.94 |   |   | 19.53                      | 18.67 |   |   |   |
| Número de golpes                 | 33                  | 23    | 18    |   |   |                            |       |   |   |   |
| Limite Líquido (LL)              | 32.41               |       |       |   |   | Limite Plástico (LP)       |       |   |   |   |
|                                  | 32.41               |       |       |   |   | 19.10                      |       |   |   |   |
|                                  |                     |       |       |   |   | Índice de Plasticidad (IP) |       |   |   |   |
|                                  |                     |       |       |   |   | 13.31                      |       |   |   |   |
|                                  |                     |       |       |   |   | SUCS                       |       |   |   |   |
|                                  |                     |       |       |   |   | CL                         |       |   |   |   |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter **PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 202;

**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos

**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 6 **Alto (Km: 1+500) Cajamarca.**

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022 **FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

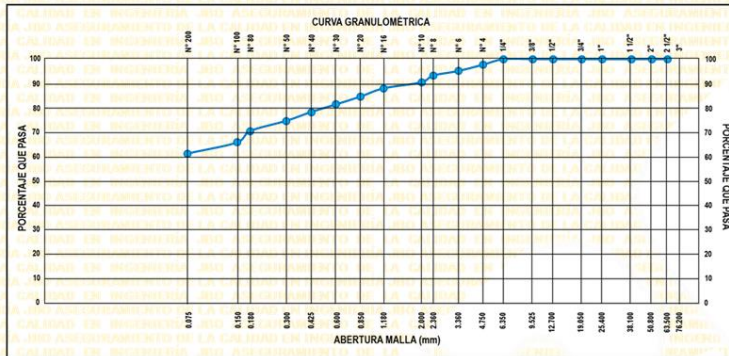
**MÉTODO DE ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO POR TAMIZADO (ASTM D 422-63 - 2002)**

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO |                |             |               |        |
|----------------------------------|----------------|-------------|---------------|--------|
| MALLAS                           |                | RETENIDO    | RETENIDO      | PASA   |
| SERIE AMERICANA                  | ABERTURA (mm)  | PARCIAL (%) | ACUMULADO (%) | (%)    |
| 3"                               | 76.200         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 2 1/2"                           | 63.500         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 2"                               | 50.800         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1 1/2"                           | 38.100         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1"                               | 25.400         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 3/4"                             | 19.050         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1/2"                             | 12.700         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 3/8"                             | 9.525          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1/4"                             | 6.350          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| N° 4                             | 4.750          | 2.28        | 2.28          | 97.72  |
| N° 6                             | 3.360          | 2.56        | 4.84          | 95.16  |
| N° 8                             | 2.360          | 1.88        | 6.72          | 93.28  |
| N° 10                            | 2.000          | 2.77        | 9.49          | 90.51  |
| N° 16                            | 1.180          | 2.46        | 11.95         | 88.05  |
| N° 20                            | 0.850          | 3.39        | 15.34         | 84.66  |
| N° 30                            | 0.600          | 3.25        | 18.59         | 81.41  |
| N° 40                            | 0.425          | 3.08        | 21.67         | 78.33  |
| N° 50                            | 0.300          | 3.62        | 25.29         | 74.71  |
| N° 80                            | 0.180          | 4.20        | 29.49         | 70.51  |
| N° 100                           | 0.150          | 4.69        | 34.18         | 65.82  |
| N° 200                           | 0.075          | 4.53        | 38.71         | 61.29  |
| -200                             | ASTM D 1140-00 | 61.29       | 100.00        | 0.00   |

| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO                            |                |           |            |
|--|----------------|-----------|------------|
| Limite y liquido (%)                                 | ASTM D 4318-05 | :         | <b>32</b>  |
| Limite plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :         | <b>18</b>  |
| Índice plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :         | <b>13</b>  |
| Clasificación SUCS                                   | ASTM D 2487-05 | :         | <b>CL</b>  |
| Clasificación AASHTO                                 | ASTM D 3282    | :         | <b>A-6</b> |
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" |                |           |            |
| Grava (Ret. N° 4)                                    | :              | <b>2</b>  | %          |
| Arena  | :              | <b>36</b> | %          |
| Fino (Pas. N° 200)                                   | :              | <b>61</b> | %          |

Descripción de la muestra: Suelo cohesivo - Arcillas de baja a mediana compresión

**OBSERVACIONES**  
 - Muestra tomada e identificada por personal de JBO INGENIEROS SAC.  
 - Calicata C - 6  
 - Cantidad: 25 Kg. Aprox.



- REFERENCIA:**
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



*Marcado con firma manuscrita*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: M.F. El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

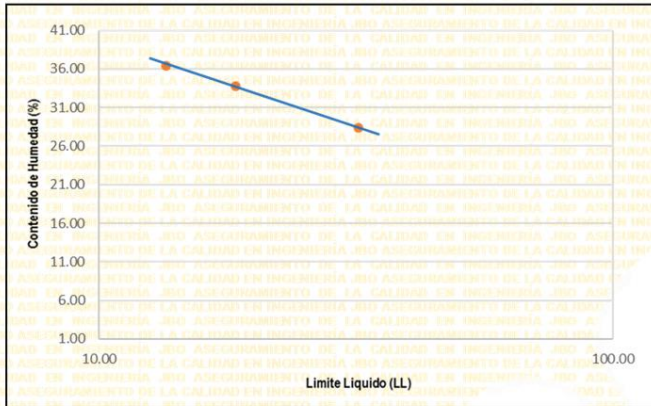
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 6  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                  | UNIDAD | LÍMITE LÍQUIDO (LL)  |       |       |   |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP)       |       |   |   |   |      |  |
|------------------------------|--------|----------------------|-------|-------|---|---|----------------------------|-------|---|---|---|------|--|
|                              |        | 1                    | 2     | 3     | 4 | 5 | 1                          | 2     | 3 | 4 | 5 |      |  |
| Ensayo N°                    |        |                      |       |       |   |   |                            |       |   |   |   |      |  |
| Peso del suelo húmedo + Tara | (g)    | 65.92                | 71.53 | 75.80 |   |   | 59.19                      | 59.06 |   |   |   |      |  |
| Peso del suelo seco + Tara   | (g)    | 56.06                | 58.78 | 60.64 |   |   | 53.58                      | 53.90 |   |   |   |      |  |
| Peso de Tara                 | (g)    | 21.27                | 20.96 | 19.03 |   |   | 24.10                      | 25.12 |   |   |   |      |  |
| Peso de agua                 | (g)    | 9.86                 | 12.75 | 15.16 |   |   | 5.61                       | 5.16  |   |   |   |      |  |
| Peso del suelo seco          | (g)    | 34.79                | 37.82 | 41.61 |   |   | 29.48                      | 28.78 |   |   |   |      |  |
| Contenido de Humedad         | (g)    | 28.34                | 33.71 | 36.43 |   |   | 19.03                      | 17.93 |   |   |   |      |  |
| Número de golpes             |        | 33                   | 23    | 18    |   |   |                            |       |   |   |   |      |  |
| Límite Líquido (LL)          |        | Límite Plástico (LP) |       |       |   |   | Índice de Plasticidad (IP) |       |   |   |   | SUCS |  |
| 31.98                        |        | 18.48                |       |       |   |   | 13.50                      |       |   |   |   | CL   |  |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

Rev.: M.M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.





**Ingenieros S.A.C.**  
Calle Valladolid 149  
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
Lima, Peru  
Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 202.  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 7  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

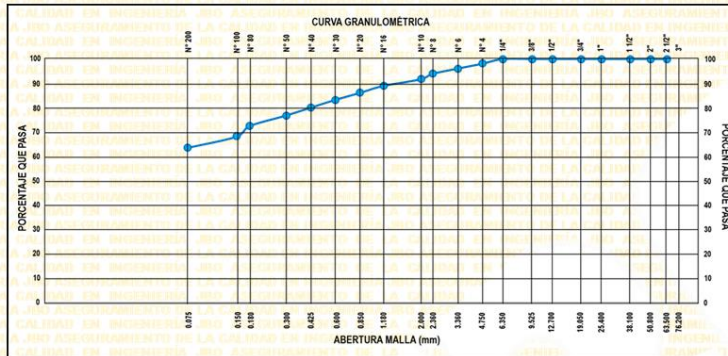
**MÉTODO DE ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO POR TAMIZADO (ASTM D 422-63 - 2002)**

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO |                |             |               |        |
|----------------------------------|----------------|-------------|---------------|--------|
| MALLAS                           |                | RETENIDO    | RETENIDO      | PASA   |
| SERIE AMERICANA                  | ABERTURA (mm)  | PARCIAL (%) | ACUMULADO (%) | (%)    |
| 3"                               | 76.200         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 2 1/2"                           | 63.500         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 2"                               | 50.800         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1 1/2"                           | 38.100         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1"                               | 25.400         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 3/4"                             | 19.050         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1/2"                             | 12.700         | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 3/8"                             | 9.525          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| 1/4"                             | 6.350          | 0.00        | 0.00          | 100.00 |
| N° 4                             | 4.750          | 1.90        | 1.90          | 98.10  |
| N° 6                             | 3.360          | 2.01        | 3.91          | 96.09  |
| N° 8                             | 2.360          | 2.15        | 6.06          | 93.94  |
| N° 10                            | 2.000          | 2.22        | 8.28          | 91.72  |
| N° 16                            | 1.180          | 2.73        | 11.01         | 88.99  |
| N° 20                            | 0.850          | 2.84        | 13.85         | 86.15  |
| N° 30                            | 0.600          | 2.87        | 16.72         | 83.28  |
| N° 40                            | 0.425          | 3.18        | 19.90         | 80.10  |
| N° 50                            | 0.300          | 3.24        | 23.14         | 76.86  |
| N° 80                            | 0.180          | 4.30        | 27.44         | 72.56  |
| N° 100                           | 0.150          | 4.31        | 31.75         | 68.25  |
| N° 200                           | 0.075          | 4.63        | 36.38         | 63.62  |
| -200                             | ASTM D 1140-00 | 63.62       | 100.00        | 0.00   |

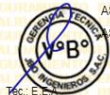
| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO                            |                |             |            |
|--|----------------|-------------|------------|
| Limite líquido (%)                                   | ASTM D 4318-05 | :           | <b>32</b>  |
| Limite plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :           | <b>19</b>  |
| Índice plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :           | <b>14</b>  |
| Clasificación SUCS                                   | ASTM D 2487-05 | :           | <b>CL</b>  |
| Clasificación AASHTO                                 | ASTM D 3282    | :           | <b>A-6</b> |
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" |                |             |            |
| Grava (Ret. N° 4)                                    | :              | <b>2</b> %  |            |
| Arena  | :              | <b>34</b> % |            |
| Fino (Pas. N° 200)                                   | :              | <b>64</b> % |            |

Descripción de la muestra: Suelo cohesivo - Arcillas de baja a mediana compresión

**OBSERVACIONES**  
- Muestra tomada e identificada por personal de JBO INGENIEROS SAC.  
- Calicata C - 7  
- Cantidad: 25 Kg. Aprox



- REFERENCIA:**
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: M.F.F. El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
Calle Valladolid 149  
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
Lima, Peru  
Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
E-mail: informes@jboingenieros.com

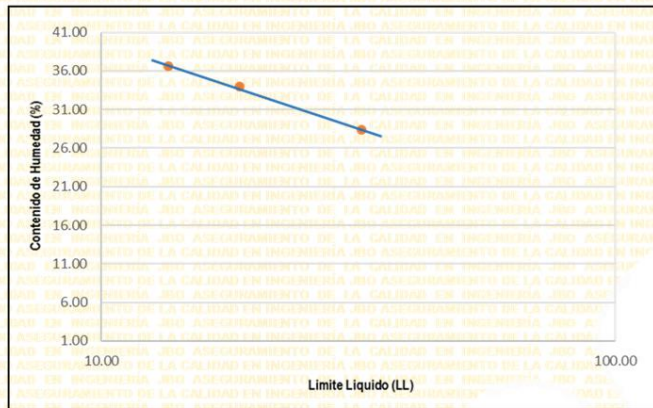
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 7  
**Alto (Km: 1+500) Cajamarca.**  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
(NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                      | LÍMITE LÍQUIDO (LL) |       |       |   |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP) |       |   |   |   |
|----------------------------------|---------------------|-------|-------|---|---|----------------------|-------|---|---|---|
|                                  | 1                   | 2     | 3     | 4 | 5 | 1                    | 2     | 3 | 4 | 5 |
| Ensayo N°                        |                     |       |       |   |   |                      |       |   |   |   |
| Peso del suelo húmedo + Tara (g) | 66.06               | 71.67 | 75.94 |   |   | 59.33                | 59.20 |   |   |   |
| Peso del suelo seco + Tara (g)   | 56.18               | 58.86 | 60.72 |   |   | 53.72                | 53.99 |   |   |   |
| Peso de Tara (g)                 | 21.27               | 21.10 | 19.17 |   |   | 24.20                | 25.26 |   |   |   |
| Peso de agua (g)                 | 9.88                | 12.81 | 15.22 |   |   | 5.61                 | 5.21  |   |   |   |
| Peso del suelo seco (g)          | 34.91               | 37.76 | 41.55 |   |   | 29.52                | 28.73 |   |   |   |
| Contenido de Humedad (g)         | 28.30               | 33.92 | 36.63 |   |   | 19.00                | 18.13 |   |   |   |
| Número de golpes                 | 33                  | 23    | 18    |   |   |                      |       |   |   |   |
| Limite Líquido (LL)              | 32.08               |       |       |   |   | 18.57                |       |   |   |   |
| Limite Plástico (LP)             |                     |       |       |   |   | 13.51                |       |   |   |   |
| Índice de Plasticidad (IP)       |                     |       |       |   |   | CL                   |       |   |   |   |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 176318

Rev.: M.M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 202;  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 8  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

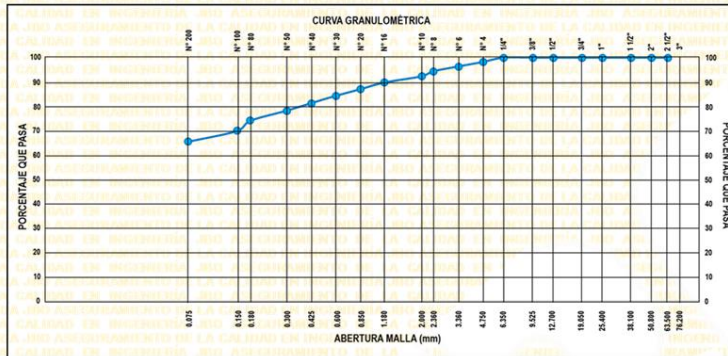
**MÉTODO DE ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO POR TAMIZADO (ASTM D 422-63 - 2002)**

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO |                |                      |                        |          |
|----------------------------------|----------------|----------------------|------------------------|----------|
| MALLAS AMERICANA                 |                | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| SERIE                            | ABERTURA (mm)  |                      |                        |          |
| 3"                               | 76.200         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 2 1/2"                           | 63.500         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 2"                               | 50.800         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 1 1/2"                           | 38.100         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 1"                               | 25.400         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 3/4"                             | 19.050         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 1/2"                             | 12.700         | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 3/8"                             | 9.525          | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| 1/4"                             | 6.350          | 0.00                 | 0.00                   | 100.00   |
| N° 4                             | 4.750          | 1.75                 | 1.75                   | 98.25    |
| N° 6                             | 3.360          | 1.85                 | 3.60                   | 96.40    |
| N° 8                             | 2.360          | 2.00                 | 5.60                   | 94.40    |
| N° 10                            | 2.000          | 2.06                 | 7.66                   | 92.34    |
| N° 16                            | 1.180          | 2.58                 | 10.24                  | 89.76    |
| N° 20                            | 0.850          | 2.68                 | 12.92                  | 87.08    |
| N° 30                            | 0.600          | 2.72                 | 15.64                  | 84.36    |
| N° 40                            | 0.425          | 3.02                 | 18.66                  | 81.34    |
| N° 50                            | 0.300          | 3.09                 | 21.75                  | 78.25    |
| N° 80                            | 0.180          | 4.14                 | 25.89                  | 74.11    |
| N° 100                           | 0.150          | 4.16                 | 30.05                  | 69.95    |
| N° 200                           | 0.075          | 4.47                 | 34.52                  | 65.48    |
| -200                             | ASTM D 1140-00 | 65.48                | 100.00                 | 0.00     |

| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO                            |                |           |            |
|--|----------------|-----------|------------|
| Limite y liquido (%)                                 | ASTM D 4318-05 | :         | <b>32</b>  |
| Limite plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :         | <b>19</b>  |
| Índice plástico (%)                                  | ASTM D 4318-05 | :         | <b>13</b>  |
| Clasificación SUCS                                   | ASTM D 2487-05 | :         | <b>CL</b>  |
| Clasificación AASHTO                                 | ASTM D 3282    | :         | <b>A-6</b> |
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" |                |           |            |
| Grava (Ret. N° 4)                                    | :              | <b>2</b>  | <b>%</b>   |
| Arena  | :              | <b>33</b> | <b>%</b>   |
| Fino (Pas. N° 200)                                   | :              | <b>65</b> | <b>%</b>   |

Descripción de la muestra: Suelo cohesivo - Arcillas de baja a mediana compresión

**OBSERVACIONES**  
 - Muestra tomada e identificada por personal de JBO INGENIEROS SAC.  
 - Calicata C - 8  
 - Cantidad: 25 Kg. Aprox.



- REFERENCIA:**
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



*MARCO ANTONIO MORENO FLORES*  
**MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: M.F. El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

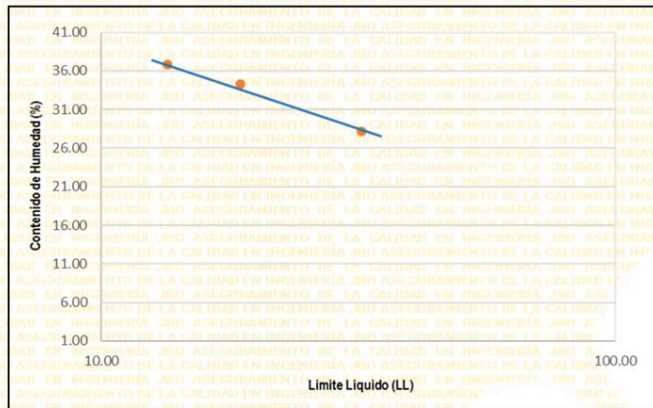
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 8  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                      | LÍMITE LÍQUIDO (LL) |       |       |   |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP) |       |   |   |   |
|----------------------------------|---------------------|-------|-------|---|---|----------------------|-------|---|---|---|
|                                  | 1                   | 2     | 3     | 4 | 5 | 1                    | 2     | 3 | 4 | 5 |
| Ensayo N°                        |                     |       |       |   |   |                      |       |   |   |   |
| Peso del suelo húmedo + Tara (g) | 65.91               | 71.64 | 75.84 |   |   | 59.18                | 59.17 |   |   |   |
| Peso del suelo seco + Tara (g)   | 56.09               | 58.72 | 60.63 |   |   | 53.62                | 53.84 |   |   |   |
| Peso de Tara (g)                 | 21.11               | 20.94 | 19.31 |   |   | 24.04                | 25.10 |   |   |   |
| Peso de agua (g)                 | 9.82                | 12.92 | 15.21 |   |   | 5.56                 | 5.33  |   |   |   |
| Peso del suelo seco (g)          | 34.98               | 37.78 | 41.32 |   |   | 29.58                | 28.74 |   |   |   |
| Contenido de Humedad (g)         | 28.07               | 34.20 | 36.81 |   |   | 18.80                | 18.55 |   |   |   |
| Número de golpes                 | 33                  | 23    | 18    |   |   |                      |       |   |   |   |
| Limite Líquido (LL)              | 32.10               |       |       |   |   | 18.67                |       |   |   |   |
| Índice de Plasticidad (IP)       | 13.43               |       |       |   |   |                      |       |   |   |   |
| SUCS                             | CL                  |       |       |   |   |                      |       |   |   |   |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

Rev.: M.M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

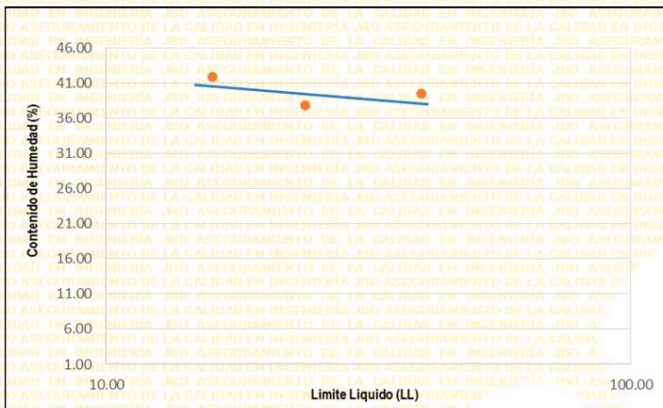
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : C - 1 + 5% enzima y residuos de hornos  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                  | LÍMITE LÍQUIDO (LL) |       |       |       |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                            |   |   |   |  |
|------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|---|----------------------|----------------------------|---|---|---|--|
|                              | 1                   | 2     | 3     | 4     | 5 | 1                    | 2                          | 3 | 4 | 5 |  |
| Ensayo N°                    |                     |       |       |       |   |                      |                            |   |   |   |  |
| Peso del suelo húmedo + Tara | (g)                 | 60.06 | 67.09 | 64.32 |   | 55.89                | 57.03                      |   |   |   |  |
| Peso del suelo seco + Tara   | (g)                 | 48.94 | 52.97 | 52.36 |   | 51.96                | 51.70                      |   |   |   |  |
| Peso de Tara                 | (g)                 | 20.81 | 19.20 | 20.81 |   | 23.27                | 22.42                      |   |   |   |  |
| Peso de agua                 | (g)                 | 11.12 | 14.12 | 11.96 |   | 3.93                 | 5.33                       |   |   |   |  |
| Peso del suelo seco          | (g)                 | 28.13 | 33.77 | 31.55 |   | 28.69                | 29.28                      |   |   |   |  |
| Contenido de Humedad         | (g)                 | 39.53 | 41.81 | 37.91 |   | 13.70                | 18.20                      |   |   |   |  |
| Número de golpes             |                     | 34    | 24    | 17    |   |                      |                            |   |   |   |  |
| Limite Liquido (LL)          |                     | 39.89 |       |       |   |                      | Limite Plástico (LP)       |   |   |   |  |
|                              |                     | 15.95 |       |       |   |                      | Índice de Plasticidad (IP) |   |   |   |  |
|                              |                     | 23.94 |       |       |   |                      | SUCS                       |   |   |   |  |
|                              |                     | CL    |       |       |   |                      |                            |   |   |   |  |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A.  
 Rev.: MMF.

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

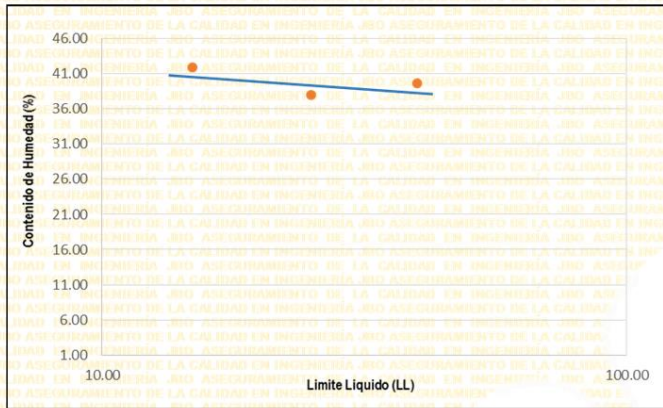
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : C - 1 + 7.5% enzima y residuos de homos  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                  | LÍMITE LÍQUIDO (LL) |       |       |       |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                            |   |   |   |  |
|------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|---|----------------------|----------------------------|---|---|---|--|
|                              | 1                   | 2     | 3     | 4     | 5 | 1                    | 2                          | 3 | 4 | 5 |  |
| Ensayo N°                    |                     |       |       |       |   |                      |                            |   |   |   |  |
| Peso del suelo húmedo + Tara | (g)                 | 60.14 | 67.16 | 64.38 |   | 55.25                | 57.12                      |   |   |   |  |
| Peso del suelo seco + Tara   | (g)                 | 48.97 | 52.99 | 52.37 |   | 51.97                | 51.72                      |   |   |   |  |
| Peso de Tara                 | (g)                 | 20.76 | 19.15 | 20.76 |   | 23.25                | 22.38                      |   |   |   |  |
| Peso de agua                 | (g)                 | 11.17 | 14.17 | 12.01 |   | 3.28                 | 5.40                       |   |   |   |  |
| Peso del suelo seco          | (g)                 | 28.21 | 33.84 | 31.61 |   | 28.72                | 29.34                      |   |   |   |  |
| Contenido de Humedad         | (g)                 | 39.60 | 41.87 | 37.99 |   | 11.42                | 18.40                      |   |   |   |  |
| Número de golpes             |                     | 34    | 24    | 17    |   |                      |                            |   |   |   |  |
| Limite Liquido (LL)          |                     | 39.96 |       |       |   |                      | Limite Plástico (LP)       |   |   |   |  |
|                              |                     | 14.91 |       |       |   |                      | Índice de Plasticidad (IP) |   |   |   |  |
|                              |                     | 25.05 |       |       |   |                      | SUCS                       |   |   |   |  |
|                              |                     | CL    |       |       |   |                      |                            |   |   |   |  |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A.  
 Rev.: MMF.

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

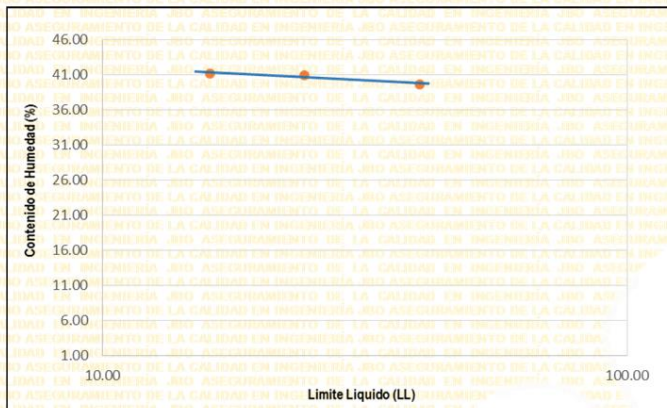
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : C - 1 + 10% enzima y residuos de hornos  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                  | LÍMITE LÍQUIDO (LL) |       |       |       |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP) |       |   |    |   |
|------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|---|----------------------|-------|---|----|---|
|                              | 1                   | 2     | 3     | 4     | 5 | 1                    | 2     | 3 | 4  | 5 |
| Ensayo N°                    |                     |       |       |       |   |                      |       |   |    |   |
| Peso del suelo húmedo + Tara | (g)                 | 62.86 | 69.70 | 66.45 |   | 58.24                | 58.23 |   |    |   |
| Peso del suelo seco + Tara   | (g)                 | 51.47 | 55.44 | 53.74 |   | 53.68                | 53.43 |   |    |   |
| Peso de Tara                 | (g)                 | 22.64 | 20.75 | 22.64 |   | 24.85                | 23.98 |   |    |   |
| Peso de agua                 | (g)                 | 11.39 | 14.26 | 12.71 |   | 4.56                 | 4.80  |   |    |   |
| Peso del suelo seco          | (g)                 | 28.83 | 34.69 | 31.10 |   | 28.83                | 29.45 |   |    |   |
| Contenido de Humedad         | (g)                 | 39.51 | 41.11 | 40.87 |   | 15.82                | 16.30 |   |    |   |
| Número de golpes             |                     | 35    | 24    | 17    |   |                      |       |   |    |   |
| Limite Liquido (LL)          |                     | 40.32 |       |       |   |                      |       |   |    |   |
| Limite Plástico (LP)         |                     |       | 16.06 |       |   |                      |       |   |    |   |
| Índice de Plasticidad (IP)   |                     |       |       |       |   | 24.26                |       |   |    |   |
| SUCS                         |                     |       |       |       |   |                      |       |   | CL |   |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A.  
 Rev.: MMF.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

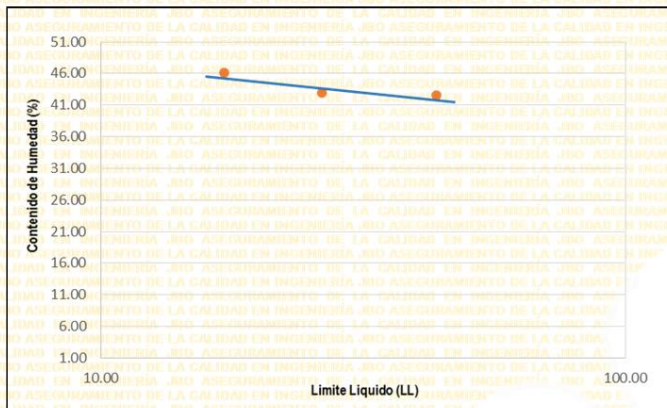
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : C - 1 + 12.5% enzima y residuos de hornos  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                  | LÍMITE LÍQUIDO (LL) |       |       |       |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                            |   |   |   |  |
|------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|---|----------------------|----------------------------|---|---|---|--|
|                              | 1                   | 2     | 3     | 4     | 5 | 1                    | 2                          | 3 | 4 | 5 |  |
| Ensayo N°                    |                     |       |       |       |   |                      |                            |   |   |   |  |
| Peso del suelo húmedo + Tara | (g)                 | 64.46 | 68.80 | 71.68 |   | 59.63                | 59.33                      |   |   |   |  |
| Peso del suelo seco + Tara   | (g)                 | 52.21 | 54.48 | 56.57 |   | 54.28                | 54.53                      |   |   |   |  |
| Peso de Tara                 | (g)                 | 23.35 | 23.35 | 21.35 |   | 24.56                | 25.43                      |   |   |   |  |
| Peso de agua                 | (g)                 | 12.25 | 14.32 | 15.11 |   | 5.35                 | 4.80                       |   |   |   |  |
| Peso del suelo seco          | (g)                 | 28.86 | 31.13 | 35.22 |   | 29.72                | 29.10                      |   |   |   |  |
| Contenido de Humedad         | (g)                 | 42.45 | 46.00 | 42.90 |   | 18.00                | 16.49                      |   |   |   |  |
| Número de golpes             |                     | 35    | 24    | 17    |   |                      |                            |   |   |   |  |
| Limite Liquido (LL)          |                     | 43.67 |       |       |   |                      | Limite Plástico (LP)       |   |   |   |  |
|                              |                     |       |       |       |   |                      | 17.25                      |   |   |   |  |
|                              |                     |       |       |       |   |                      | Índice de Plasticidad (IP) |   |   |   |  |
|                              |                     |       |       |       |   |                      | 26.42                      |   |   |   |  |
|                              |                     |       |       |       |   |                      | SUCS                       |   |   |   |  |
|                              |                     |       |       |       |   |                      | CL                         |   |   |   |  |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A

Rev.: MMF.

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318





**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

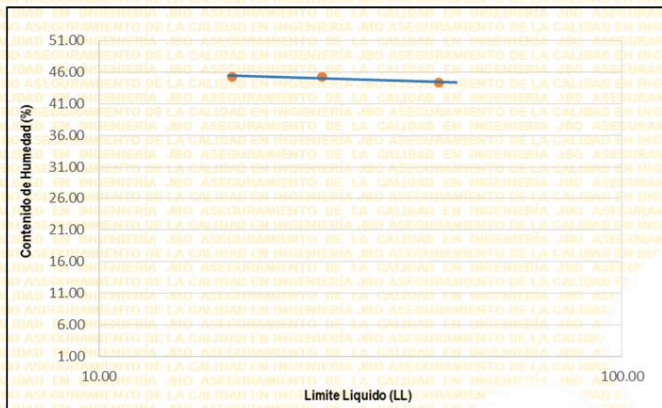
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : C - 1 + 15% enzima y residuos de hornos  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG  
 (NTP 339.129.1999)**

| DESCRIPCIÓN                  | LÍMITE LÍQUIDO (LL) |       |       |       |   | LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                            |   |   |   |  |
|------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|---|----------------------|----------------------------|---|---|---|--|
|                              | 1                   | 2     | 3     | 4     | 5 | 1                    | 2                          | 3 | 4 | 5 |  |
| Ensayo N°                    |                     |       |       |       |   |                      |                            |   |   |   |  |
| Peso del suelo húmedo + Tara | (g)                 | 64.00 | 70.84 | 67.59 |   | 59.38                | 58.23                      |   |   |   |  |
| Peso del suelo seco + Tara   | (g)                 | 51.30 | 55.23 | 53.55 |   | 53.68                | 53.43                      |   |   |   |  |
| Peso de Tara                 | (g)                 | 22.59 | 20.70 | 22.50 |   | 24.85                | 23.98                      |   |   |   |  |
| Peso de agua                 | (g)                 | 12.70 | 15.61 | 14.04 |   | 5.70                 | 4.80                       |   |   |   |  |
| Peso del suelo seco          | (g)                 | 28.71 | 34.53 | 30.96 |   | 28.83                | 29.45                      |   |   |   |  |
| Contenido de Humedad         | (g)                 | 44.24 | 45.21 | 45.35 |   | 19.77                | 16.30                      |   |   |   |  |
| Número de golpes             |                     | 35    | 24    | 17    |   |                      |                            |   |   |   |  |
| Limite Liquido (LL)          |                     | 44.79 |       |       |   |                      | Limite Plástico (LP)       |   |   |   |  |
|                              |                     | 18.03 |       |       |   |                      | Índice de Plasticidad (IP) |   |   |   |  |
|                              |                     | 26.76 |       |       |   |                      | SUCS                       |   |   |   |  |
|                              |                     | CL    |       |       |   |                      |                            |   |   |   |  |



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A

Rev.: MMF.

Fecha de emisión : Lima, 08 de enero del 2022

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

# Anexo 4: Ensayos proctor modificado



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

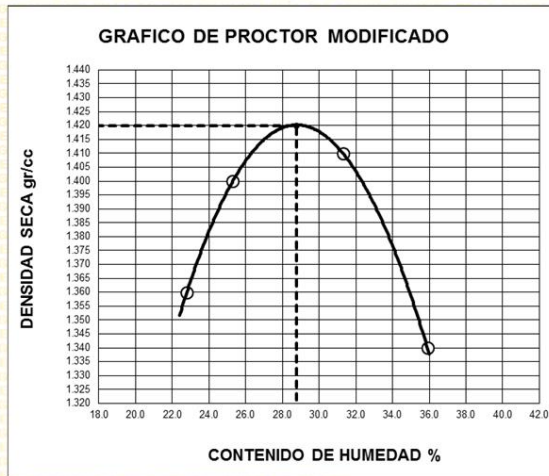
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

## INFORME DE ENSAYO

|                           |  |                        |   |
|---------------------------|--|------------------------|---|
| <b>SOLICITANTE</b>        | : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter | <b>PROYECTO</b>        | : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022 |
| <b>DIRECCION</b>          | : Ate, Lima  | <b>UBICACION</b>       | : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos  |
| <b>REFERENCIA</b>         | : Muestra de suelo C - 1                                   |                        | : Alto (Km: 0+500) Cajamarca.   |
| <b>FECHA DE RECEPCION</b> | : 04 de enero del 2022                                     | <b>FECHA DE INICIO</b> | : 05 de enero del 2022  |

### ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO (C - 1) (ASTM D 1557)

| ENSAYO N°                             | DETERMINACION DE DENSIDAD |        |       |       |   |
|---------------------------------------|---------------------------|--------|-------|-------|---|
|                                       | 1                         | 2      | 3     | 4     | 5 |
| PESO MOLDE+SUELO                      | 10,099                    | 10,207 | 9,755 | 9,900 |   |
| PESO MOLDE                            | 6,185                     | 6,340  | 6,209 | 6,185 |   |
| PESO SUELO COMPACTADO                 | 3,914                     | 3,866  | 3,545 | 3,715 |   |
| VOLUMEN DEL MOLDE                     | 2,120                     | 2,120  | 2,120 | 2,120 |   |
| DENSIDAD HUMEDA                       | 1.85                      | 1.82   | 1.67  | 1.75  |   |
| DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD |                           |        |       |       |   |
| RECIPIENTE N°                         | 1                         | 2      | 3     | 4     |   |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE             | 63.86                     | 51.19  | 72.80 | 63.39 |   |
| SUELO SECO + RECIPIENTE               | 55.10                     | 45.07  | 64.11 | 56.07 |   |
| PESO RECIPIENTE                       | 27.14                     | 28.01  | 25.93 | 27.14 |   |
| PESO DE AGUA                          | 8.76                      | 6.12   | 8.69  | 7.32  |   |
| PESO DE SUELO SECO                    | 27.96                     | 17.06  | 38.18 | 28.93 |   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 31.30                     | 35.90  | 22.80 | 25.30 |   |
| DENSIDAD SECA                         | 1.41                      | 1.34   | 1.36  | 1.40  |   |



|                    |      |                    |                        |       |   |
|--------------------|------|--------------------|------------------------|-------|---|
| Max. densidad seca | 1.42 | gr/cm <sup>3</sup> | Conten. humedad óptima | 28.81 | % |
|--------------------|------|--------------------|------------------------|-------|---|

**REFERENCIA:**

- ASTM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- STM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec.: EEA

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

v.: MMF.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

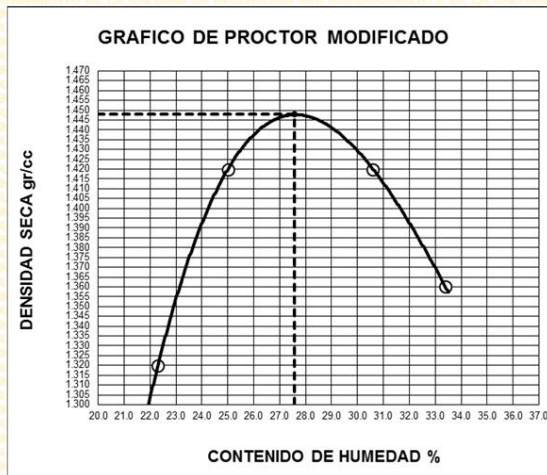
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 2  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO C - 2 (ASTM D 1557)**

| ENSAYO N°                                    | 1      | 2      | 3     | 4      | 5 |
|--|--------|--------|-------|--------|---|
| <b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>             |        |        |       |        |   |
| PESO MOLDE+SUELO                             | 10,021 | 10,130 | 9,786 | 10,091 |   |
| PESO MOLDE                                   | 6,180  | 6,184  | 6,357 | 6,346  |   |
| PESO SUELO COMPACTADO                        | 3,841  | 3,946  | 3,430 | 3,744  |   |
| VOLUMEN DEL MOLDE                            | 2,119  | 2,119  | 2,119 | 2,119  |   |
| DENSIDAD HUMEDA                              | 1,81   | 1,86   | 1,62  | 1,77   |   |
| <b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b> |        |        |       |        |   |
| RECIPIENTE N°                                | 1      | 2      | 3     | 4      |   |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE                    | 52,74  | 72,01  | 69,77 | 57,38  |   |
| SUELO SECO + RECIPIENTE                      | 46,1   | 61,13  | 61,84 | 51,34  |   |
| PESO RECIPIENTE                              | 26,19  | 25,55  | 26,34 | 27,21  |   |
| PESO DE AGUA                                 | 6,64   | 10,88  | 7,93  | 6,04   |   |
| PESO DE SUELO SECO                           | 19,91  | 35,58  | 35,50 | 24,13  |   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                         | 33,40  | 30,60  | 22,30 | 25,00  |   |
| DENSIDAD SECA                                | 1,36   | 1,42   | 1,32  | 1,42   |   |



|                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| <b>Max. densidad seca</b> | <b>Conten. humedad óptima</b> |
| <b>1.45 gr/cm3</b>        | <b>27.62 %</b>                |

- REFERENCIA:**
- ASTM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
  - ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: MMF.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

*(Signature)*  
**MARCO ANTONIO INGENIERO FLORES CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

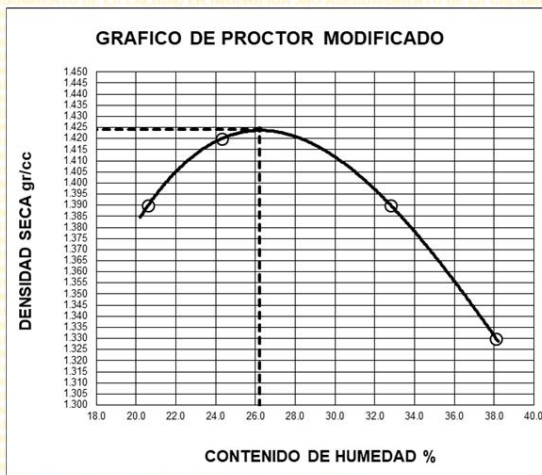
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 3  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO C - 3 (ASTM D 1557)**

| ENSAYO N°                             | 1      | 2      | 3     | 4     | 5 |
|---------------------------------------|--------|--------|-------|-------|---|
| DETERMINACIÓN DE DENSIDAD             |        |        |       |       |   |
| PESO MOLDE+SUELO                      | 10,114 | 10,210 | 9,751 | 9,912 |   |
| PESO MOLDE                            | 6,172  | 6,334  | 6,203 | 6,179 |   |
| PESO SUELO COMPACTADO                 | 3,926  | 3,880  | 3,556 | 3,733 |   |
| VOLUMEN DEL MOLDE                     | 2,120  | 2,120  | 2,120 | 2,120 |   |
| DENSIDAD HUMEDA                       | 1,85   | 1,83   | 1,68  | 1,76  |   |
| DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD |        |        |       |       |   |
| RECIPIENTE N°                         | 1      | 2      | 3     | 4     |   |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE             | 64.14  | 51.48  | 72.31 | 63.34 |   |
| SUELO SECO + RECIPIENTE               | 55.04  | 45.02  | 64.34 | 56.27 |   |
| PESO RECIPIENTE                       | 27.28  | 28.05  | 25.74 | 27.22 |   |
| PESO DE AGUA                          | 9.10   | 6.46   | 7.97  | 7.07  |   |
| PESO DE SUELO SECO                    | 27.76  | 16.97  | 38.60 | 29.05 |   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 32.80  | 38.10  | 20.60 | 24.30 |   |
| DENSIDAD SECA                         | 1.39   | 1.33   | 1.39  | 1.42  |   |



|                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <b>Max. densidad seca</b>    | <b>Conten. humedad óptima</b> |
| <b>1.42 g/cm<sup>3</sup></b> | <b>26.22 %</b>                |

**REFERENCIA:**

- ASTM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: M.M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



*(Firma)*  
**MARCO ANTONIO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

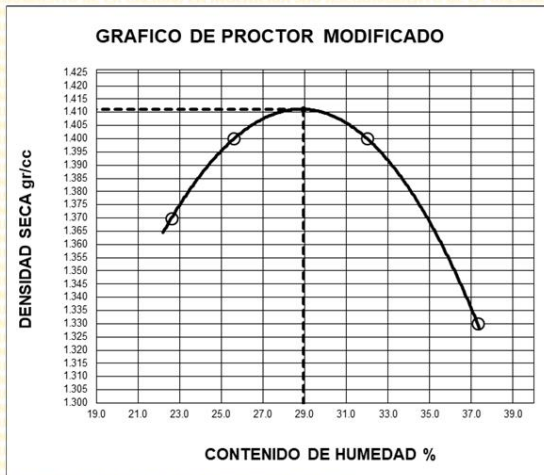
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 4  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO C - 4 (ASTM D 1557)**

| ENSAYO N°                                    | 1      | 2      | 3     | 4     | 5 |
|--|--------|--------|-------|-------|---|
| <b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>             |        |        |       |       |   |
| PESO MOLDE+SUELO                             | 10,115 | 10,217 | 9,756 | 9,910 |   |
| PESO MOLDE                                   | 6,175  | 6,339  | 6,209 | 6,177 |   |
| PESO SUELO COMPACTADO                        | 3,926  | 3,884  | 3,564 | 3,731 |   |
| VOLUMEN DEL MOLDE                            | 2,120  | 2,120  | 2,120 | 2,120 |   |
| DENSIDAD HUMEDA                              | 1,85   | 1,83   | 1,68  | 1,76  |   |
| <b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b> |        |        |       |       |   |
| RECIPIENTE N°                                | 1      | 2      | 3     | 4     |   |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE                    | 63,91  | 51,52  | 72,7  | 63,37 |   |
| SUELO SECO + RECIPIENTE                      | 55,01  | 45,15  | 64,06 | 56    |   |
| PESO RECIPIENTE                              | 27,23  | 28,07  | 25,91 | 27,18 |   |
| PESO DE AGUA                                 | 8,90   | 6,37   | 8,64  | 7,37  |   |
| PESO DE SUELO SECO                           | 27,78  | 17,08  | 38,15 | 28,82 |   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                         | 32,00  | 37,30  | 22,60 | 25,60 |   |
| DENSIDAD SECA                                | 1,40   | 1,33   | 1,37  | 1,40  |   |



|                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <b>Max. densidad seca</b>    | <b>Conten. humedad óptima</b> |
| <b>1.41 g/cm<sup>3</sup></b> | <b>28.93 %</b>                |

**REFERENCIA:**

- ASTM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: M.M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

*(Firma)*  
**MARCO ANTONIO**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318





**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

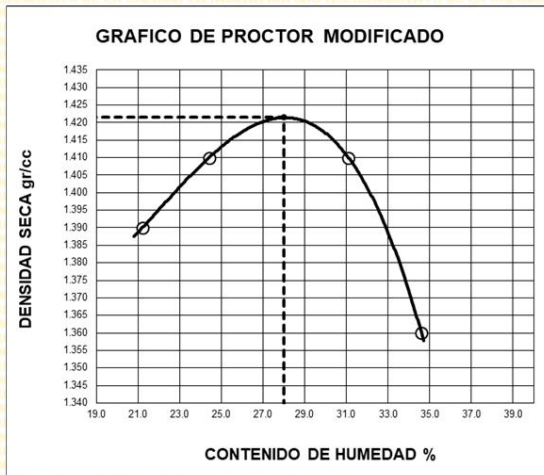
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 5  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO C - 5 (ASTM D 1557)**

| ENSAYO N°                                    | 1      | 2      | 3     | 4     | 5 |
|--|--------|--------|-------|-------|---|
| <b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>             |        |        |       |       |   |
| PESO MOLDE+SUELO                             | 10,119 | 10,215 | 9,762 | 9,913 |   |
| PESO MOLDE                                   | 6,176  | 6,339  | 6,217 | 6,173 |   |
| PESO SUELO COMPACTADO                        | 3,932  | 3,886  | 3,566 | 3,732 |   |
| VOLUMEN DEL MOLDE                            | 2,120  | 2,120  | 2,120 | 2,120 |   |
| DENSIDAD HUMEDA                              | 1,85   | 1,83   | 1,68  | 1,76  |   |
| <b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b> |        |        |       |       |   |
| RECIPIENTE N°                                | 1      | 2      | 3     | 4     |   |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE                    | 63,94  | 51,3   | 72,54 | 63,21 |   |
| SUELO SECO + RECIPIENTE                      | 55,22  | 45,31  | 64,37 | 56,1  |   |
| PESO RECIPIENTE                              | 27,21  | 28     | 25,81 | 27,02 |   |
| PESO DE AGUA                                 | 8,72   | 5,99   | 8,17  | 7,11  |   |
| PESO DE SUELO SECO                           | 28,01  | 17,31  | 38,56 | 29,08 |   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                         | 31,10  | 34,60  | 21,20 | 24,40 |   |
| DENSIDAD SECA                                | 1,41   | 1,36   | 1,39  | 1,41  |   |



|                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <b>Max. densidad seca</b>    | <b>Conten. humedad óptima</b> |
| <b>1.42 g/cm<sup>3</sup></b> | <b>28.01 %</b>                |

**REFERENCIA:**

- ASTM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: M.M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

*(Firma)*  
**MARCO ANTONIO**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@boingenieros.com

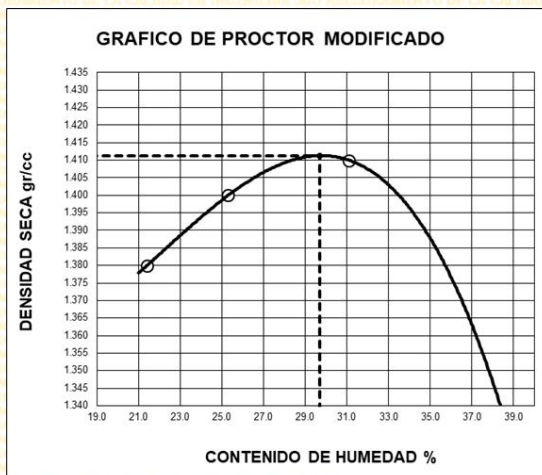
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 6  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO C - 6 (ASTM D 1557)**

| ENSAYO N°                             | 1      | 2      | 3     | 4     | 5 |
|---------------------------------------|--------|--------|-------|-------|---|
| DETERMINACIÓN DE DENSIDAD             |        |        |       |       |   |
| PESO MOLDE+SUELO                      | 10,116 | 10,220 | 9,764 | 9,905 |   |
| PESO MOLDE                            | 6,177  | 6,336  | 6,203 | 6,173 |   |
| PESO SUELO COMPACTADO                 | 3,922  | 3,887  | 3,562 | 3,732 |   |
| VOLUMEN DEL MOLDE                     | 2,120  | 2,120  | 2,120 | 2,120 |   |
| DENSIDAD HUMEDA                       | 1,85   | 1,83   | 1,68  | 1,76  |   |
| DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD |        |        |       |       |   |
| RECIPIENTE N°                         | 1      | 2      | 3     | 4     |   |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE             | 63.84  | 51.8   | 72.46 | 63.43 |   |
| SUELO SECO + RECIPIENTE               | 55.12  | 45     | 64.23 | 56.1  |   |
| PESO RECIPIENTE                       | 27.07  | 27.9   | 25.82 | 27.16 |   |
| PESO DE AGUA                          | 8.72   | 6.80   | 8.23  | 7.33  |   |
| PESO DE SUELO SECO                    | 28.05  | 17.10  | 38.41 | 28.94 |   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 31.10  | 39.80  | 21.40 | 25.30 |   |
| DENSIDAD SECA                         | 1.41   | 1.31   | 1.38  | 1.40  |   |



|   |   |
|---|---|
| <b>Max. densidad seca</b><br><b>1.41 gr/cm3</b> | <b>Conten. humedad óptima</b><br><b>29.68 %</b> |
|---|---|

- REFERENCIA:**
- ASTM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
  - ASTM D422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: M.M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

*(Firma)*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

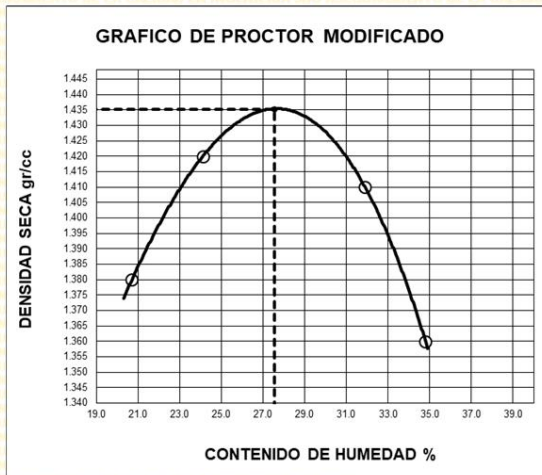
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 7  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO C - 7 (ASTM D 1557)**

| ENSAYO N°                                    | 1      | 2      | 3     | 4     | 5 |
|--|--------|--------|-------|-------|---|
| <b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>             |        |        |       |       |   |
| PESO MOLDE+SUELO                             | 10,114 | 10,217 | 9,767 | 9,906 |   |
| PESO MOLDE                                   | 6,172  | 6,339  | 6,205 | 6,175 |   |
| PESO SUELO COMPACTADO                        | 3,935  | 3,888  | 3,550 | 3,734 |   |
| VOLUMEN DEL MOLDE                            | 2,120  | 2,120  | 2,120 | 2,120 |   |
| DENSIDAD HUMEDA                              | 1,86   | 1,83   | 1,67  | 1,76  |   |
| <b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b> |        |        |       |       |   |
| RECIPIENTE N°                                | 1      | 2      | 3     | 4     |   |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE                    | 63.93  | 51.34  | 72.2  | 63.14 |   |
| SUELO SECO + RECIPIENTE                      | 55.01  | 45.31  | 64.26 | 56.16 |   |
| PESO RECIPIENTE                              | 27.02  | 27.99  | 25.93 | 27.17 |   |
| PESO DE AGUA                                 | 8.92   | 6.03   | 7.94  | 6.98  |   |
| PESO DE SUELO SECO                           | 27.99  | 17.32  | 38.33 | 28.99 |   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                         | 31.90  | 34.80  | 20.70 | 24.10 |   |
| DENSIDAD SECA                                | 1.41   | 1.36   | 1.38  | 1.42  |   |



|                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| <b>Max. densidad seca</b> | <b>Conten. humedad óptima</b> |
| <b>1.44 gr/cm3</b>        | <b>27.53 %</b>                |

**REFERENCIA:**

- ASTM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: M.M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



*(Signature)*  
**MARCO ANTONIO**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318





**Ingenieros S.A.C.**  
Calle Valladolid 149  
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
Lima, Peru  
Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
E-mail: informes@boingenieros.com

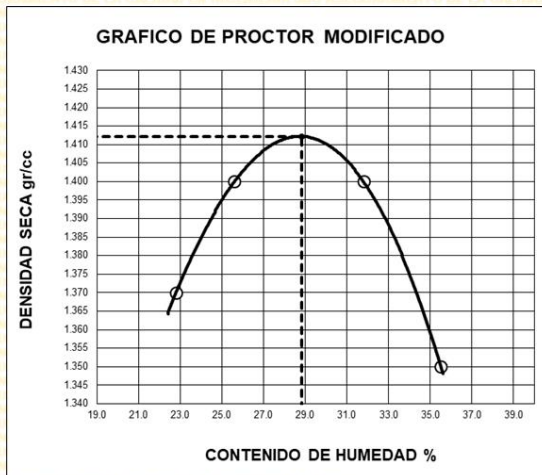
EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 8  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO C - 8 (ASTM D 1557)**

| ENSAYO N°                             | 1      | 2      | 3     | 4     | 5 |
|---------------------------------------|--------|--------|-------|-------|---|
| DETERMINACIÓN DE DENSIDAD             |        |        |       |       |   |
| PESO MOLDE+SUELO                      | 10,106 | 10,211 | 9,762 | 9,910 |   |
| PESO MOLDE                            | 6,180  | 6,336  | 6,213 | 6,178 |   |
| PESO SUELO COMPACTADO                 | 3,921  | 3,887  | 3,560 | 3,733 |   |
| VOLUMEN DEL MOLDE                     | 2,120  | 2,120  | 2,120 | 2,120 |   |
| DENSIDAD HUMEDA                       | 1,85   | 1,83   | 1,68  | 1,76  |   |
| DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD |        |        |       |       |   |
| RECIPIENTE N°                         | 1      | 2      | 3     | 4     |   |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE             | 63.94  | 51.3   | 72.75 | 63.6  |   |
| SUELO SECO + RECIPIENTE               | 55.05  | 45.19  | 64.03 | 56.16 |   |
| PESO RECIPIENTE                       | 27.08  | 27.96  | 25.85 | 27.14 |   |
| PESO DE AGUA                          | 8.89   | 6.11   | 8.72  | 7.44  |   |
| PESO DE SUELO SECO                    | 27.97  | 17.23  | 38.18 | 29.02 |   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 31.80  | 35.50  | 22.80 | 25.60 |   |
| DENSIDAD SECA                         | 1.40   | 1.35   | 1.37  | 1.40  |   |



|   |   |
|---|---|
| <b>Max. densidad seca</b><br><b>1.41 gr/cm3</b> | <b>Conten. humedad óptima</b><br><b>28.82 %</b> |
|---|---|

- REFERENCIA:**
- ASTM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
  - ASTM D422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
  - ASTM D4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
  - ASTM D2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
  - ASTM D2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.
  - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev.: M.M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

*(Firma)*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 176318

# Anexo 5: Ensayos de CBR



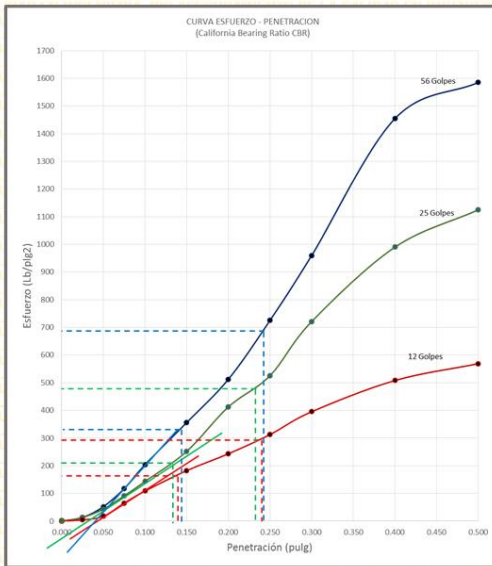
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 0+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 1  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO C - 1 (ASTM D 1883 - 9 C)



| Nº GOLPES | 56   | 25   | 12   |
|-----------|------|------|------|
| g/cc      | 1.54 | 1.66 | 1.75 |
| 0.100     | 21   | 18   | 30   |
| 0.200     | 45   | 42   | 51   |

| VALORES DEL CBR |      |           |
|-----------------|------|-----------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = 11.36 % |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = 8.87 %  |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = 37.11 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = 35.08 % |

Tec. E.A

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

Rev. M.M.C

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.



**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



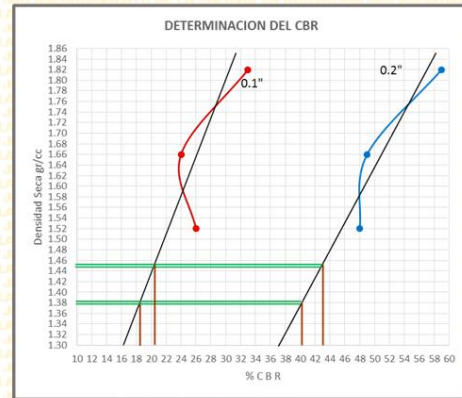
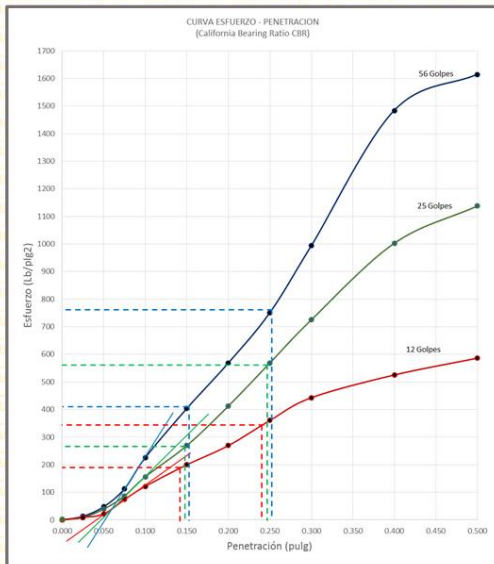
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 2  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO C - 2  
 (ASTM D 1883 - 9 C)**



| Nº GOLPES | 56   | 25   | 12   |
|-----------|------|------|------|
| g/cc      | 1.52 | 1.66 | 1.82 |
| 0.100     | 26   | 24   | 33   |
| 0.200     | 48   | 49   | 59   |

| VALORES DEL CBR |      |   |         |
|-----------------|------|---|---------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = | 20.34 % |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = | 18.26 % |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = | 43.03 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = | 40.02 % |

Tec: E.E.A



Rev. 01

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



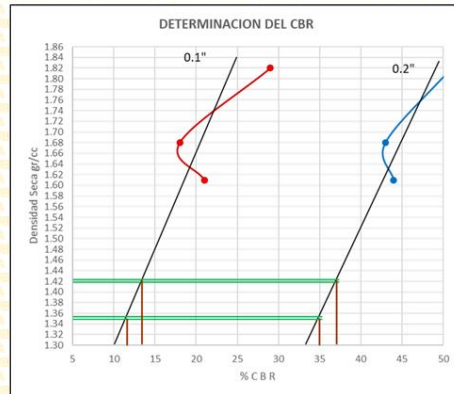
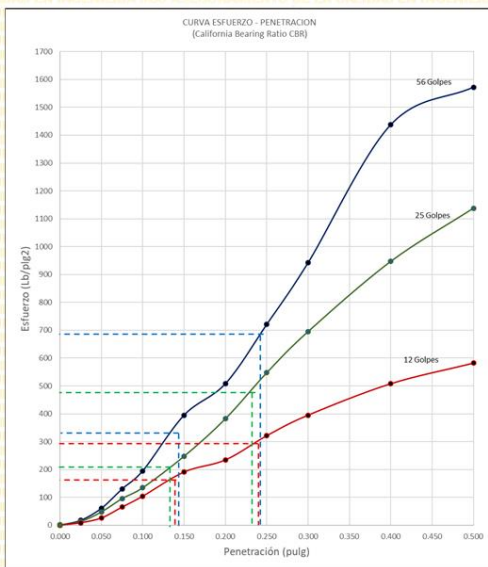
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chillpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chillpampa Alta - Negritos  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 3  
**Alto (Km: 1+500) Cajamarca.**  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO C - 3  
 (ASTM D 1883 - 9 C)**



| N° GOLPES | 56   | 25   | 12   |
|-----------|------|------|------|
| g/cc      | 1.61 | 1.68 | 1.82 |
| 0.100     | 39   | 25   | 19   |
| 0.200     | 94   | 69   | 40   |

| VALORES DEL CBR |      |   |         |
|-----------------|------|---|---------|
| CBRAL 100%      | 0.1" | = | 14.21 % |
| CBRAL 95%       | 0.1" | = | 12.37 % |
| CBRAL 100%      | 0.2" | = | 36.84 % |
| CBRAL 95%       | 0.2" | = | 34.97 % |

Tec. E.E.A



Rev. 1.0

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



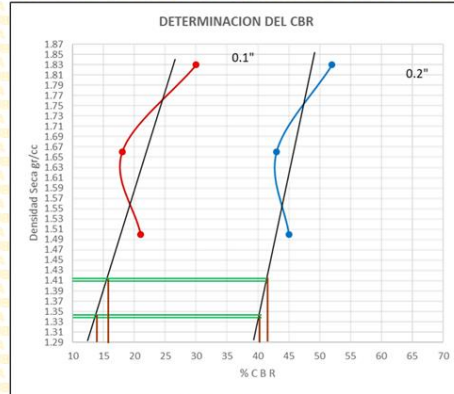
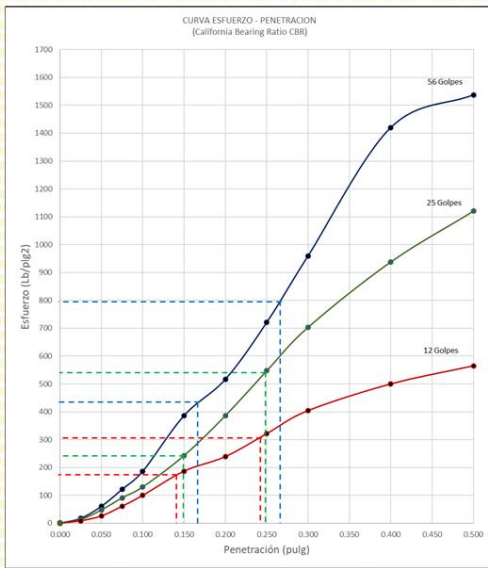
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chillpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chillpampa Alta - Negritos  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 4  
**Alto (Km: 1+500) Cajamarca.**  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO C - 4  
 (ASTM D 1883 - 9 C)**



| Nº GOLPES | 56   | 25   | 12   |
|-----------|------|------|------|
| g/cc      | 1.50 | 1.66 | 1.83 |
| 0.100     | 40   | 25   | 19   |
| 0.200     | 92   | 68   | 38   |

| VALORES DEL CBR |      |   |         |
|-----------------|------|---|---------|
| CBRAL 100%      | 0.1" | = | 15.09 % |
| CBRAL 95%       | 0.1" | = | 13.86 % |
| CBRAL 100%      | 0.2" | = | 41.52 % |
| CBRAL 95%       | 0.2" | = | 40.02 % |

Tec. E.E.A

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022



El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



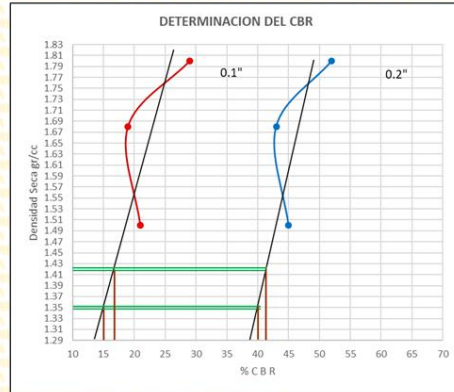
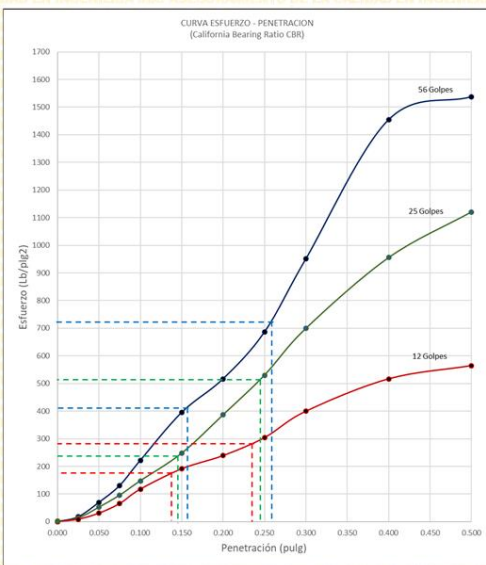
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chillimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chillimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 5  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO C - 5  
 (ASTM D 1883 - 9 C)**



| Nº GOLPES | 56   | 25   | 12   |
|-----------|------|------|------|
| g/cc      | 1.50 | 1.68 | 1.80 |
| 0.100     | 40   | 25   | 19   |
| 0.200     | 92   | 68   | 38   |

| VALORES DEL CBR |      |   |         |
|-----------------|------|---|---------|
| CBRAL 100%      | 0.1" | = | 17.21 % |
| CBRAL 95%       | 0.1" | = | 15.03 % |
| CBRAL 100%      | 0.2" | = | 42.02 % |
| CBRAL 95%       | 0.2" | = | 39.98 % |

Tec. E.E.A

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022



El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



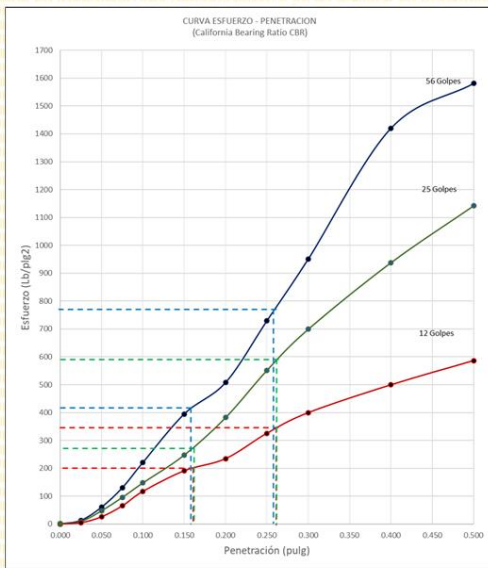
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@boingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chilimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chilimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 6  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO C - 6  
 (ASTM D 1883 - 9 C)**



| N° GOLPES | 56   | 25   | 12   |
|-----------|------|------|------|
| g/cc      | 1.55 | 1.65 | 1.82 |
| 0.100     | 40   | 25   | 19   |
| 0.200     | 92   | 68   | 38   |

| VALORES DEL CBR |      |   |         |
|-----------------|------|---|---------|
| CBRAL 100%      | 0.1" | = | 15.85 % |
| CBRAL 95%       | 0.1" | = | 13.37 % |
| CBRAL 100%      | 0.2" | = | 37.24 % |
| CBRAL 95%       | 0.2" | = | 35.61 % |

Tec. E.E.A



Rev. Mónica Tejeda

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



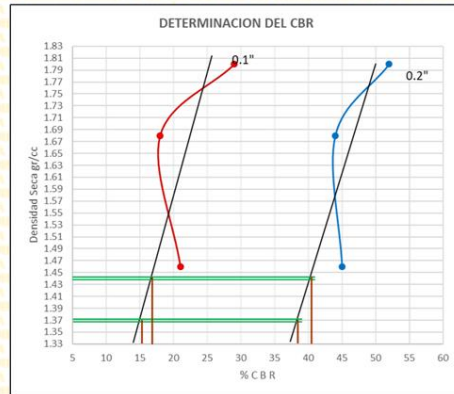
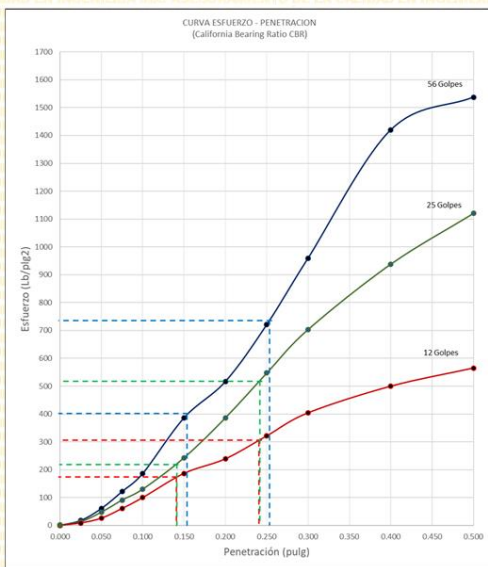
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chillimpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chillimpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 7  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO C - 7  
 (ASTM D 1883 - 9 C)**



| Nº GOLPES | 56   | 25   | 12   |
|-----------|------|------|------|
| g/cc      | 1.46 | 1.68 | 1.80 |
| 0.100     | 40   | 25   | 19   |
| 0.200     | 92   | 68   | 38   |

| VALORES DEL CBR |      |   |         |
|-----------------|------|---|---------|
| CBR AL 100%     | 0.1" | = | 16.76 % |
| CBR AL 95%      | 0.1" | = | 15.03 % |
| CBR AL 100%     | 0.2" | = | 40.37 % |
| CBR AL 95%      | 0.2" | = | 37.86 % |

Tec. E.E.A



Rev. M. A. T.

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318





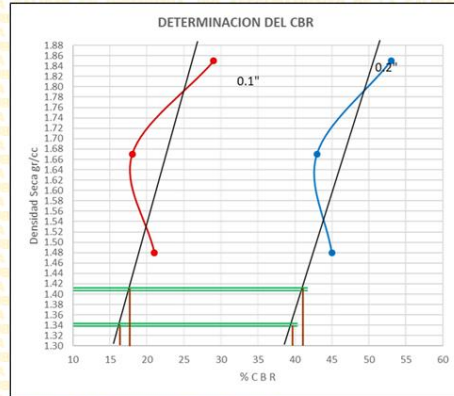
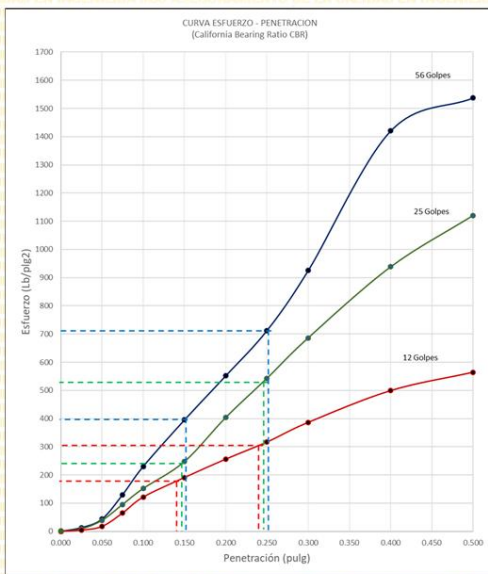
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Peru  
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 003583-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Huaripata Flores, Jhony Salustiano y Ayay Chilon, Walter  
**PROYECTO** : Estabilización de suelo cohesivo mediante enzima líquida y material residual de hornos de cemento, Chillpampa Alta - Negritos Alto, Cajamarca - 2022  
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima  
**UBICACIÓN** : Camino vecinal Chillpampa Alta - Negritos Alto (Km: 1+500) Cajamarca.  
**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 8  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 04 de enero del 2022  
**FECHA DE INICIO** : 05 de enero del 2022

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO C - 8  
 (ASTM D 1883 - 9 C)**



| N° GOLPES | 56   | 25   | 12   |
|-----------|------|------|------|
| g/cc      | 1.48 | 1.67 | 1.85 |
| 0.100     | 40   | 25   | 19   |
| 0.200     | 92   | 68   | 38   |

| VALORES DEL CBR |      |   |         |
|-----------------|------|---|---------|
| CBRAL 100%      | 0.1" | = | 17.53 % |
| CBRAL 95%       | 0.1" | = | 15.89 % |
| CBRAL 100%      | 0.2" | = | 41.78 % |
| CBRAL 95%       | 0.2" | = | 39.60 % |

Tec: E.E.A

Fecha de emisión: Lima, 08 de enero del 2022



El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.  
**MARCO ANTONIO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

## Anexo 6: Panel fotografico



Imagen de la zona de estudio

Fuente: elaboración propia



Imagen de la calicata N° 2

Fuente: elaboración propia



Imagen del tapado de la calicata

Fuente: elaboración propia



Imágenes de la calicata N° 1

Fuente: elaboración propia



Imagen de la colocación de la muestra en el costal

Fuente: elaboración propia

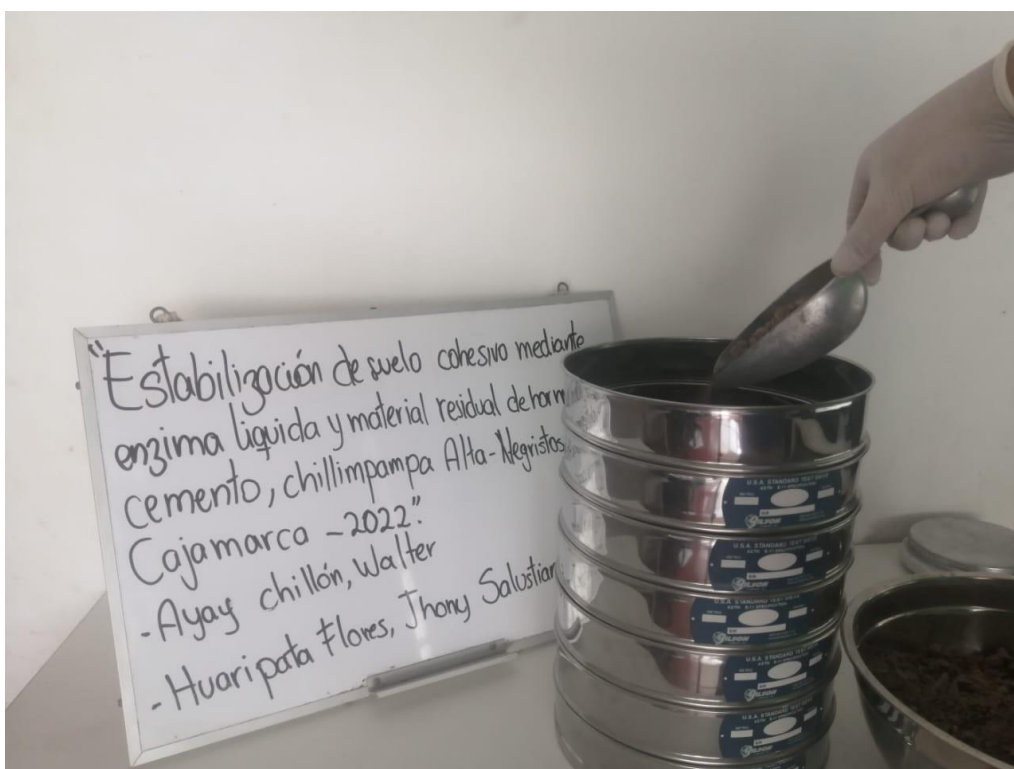


Imagen de tamizado

Fuente: elaboración propia

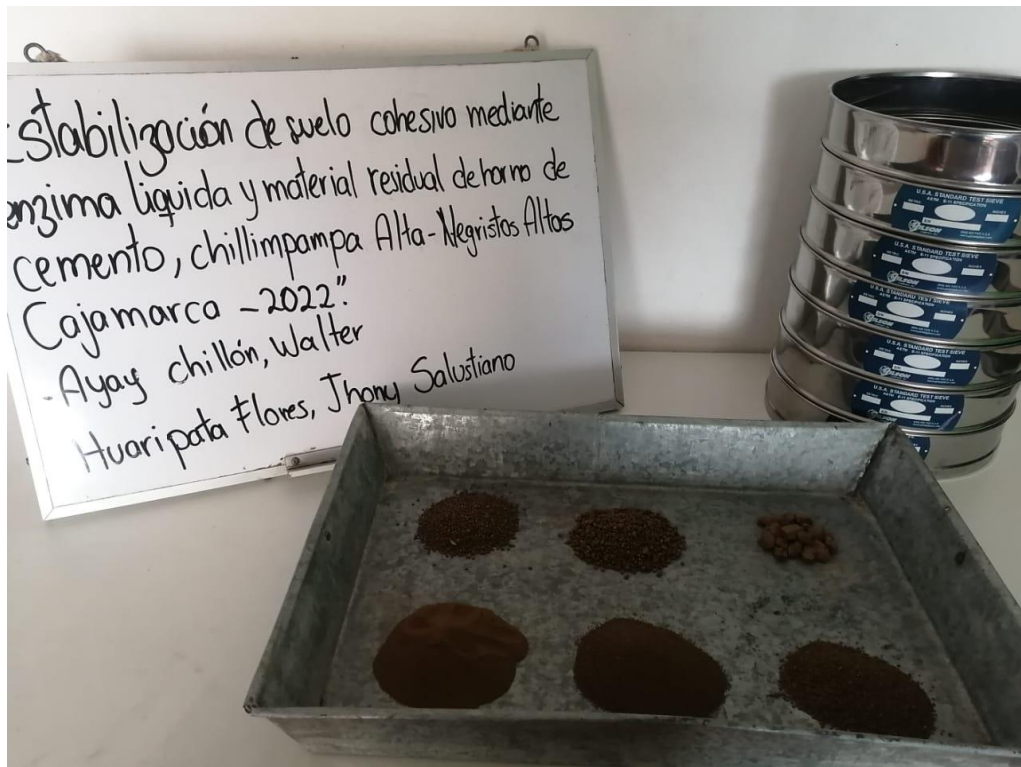


Imagen de muestras del tamizado

Fuente: elaboración propia

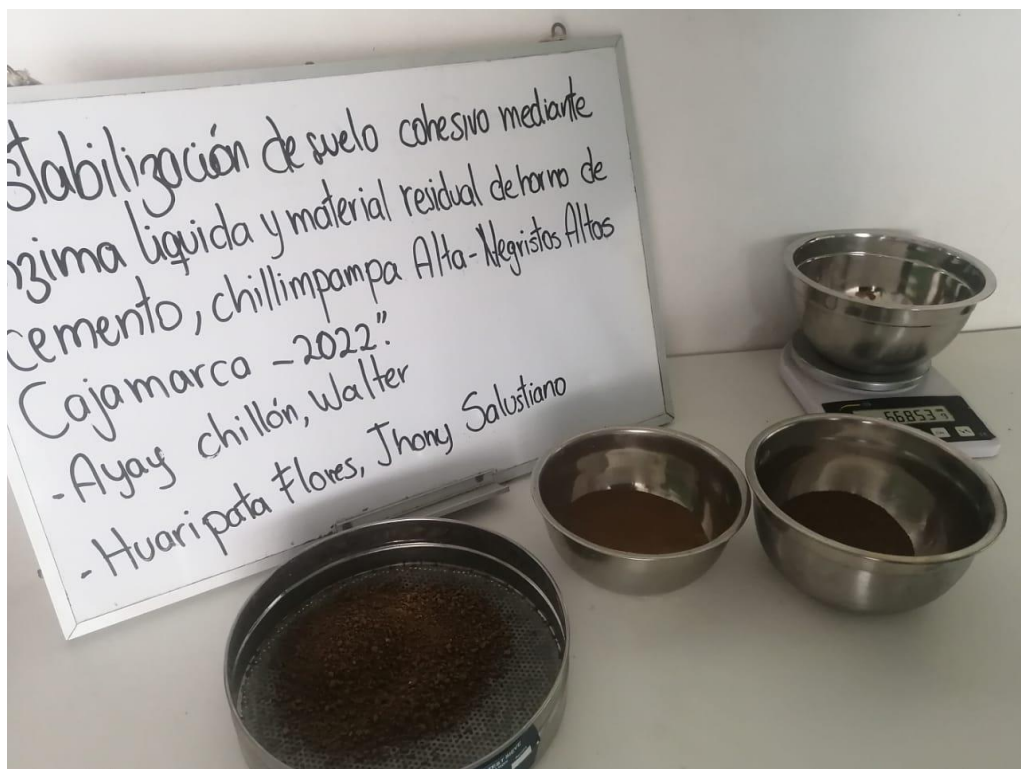


Imagen de medición de peso de porciones de muestra

Fuente: elaboración propia

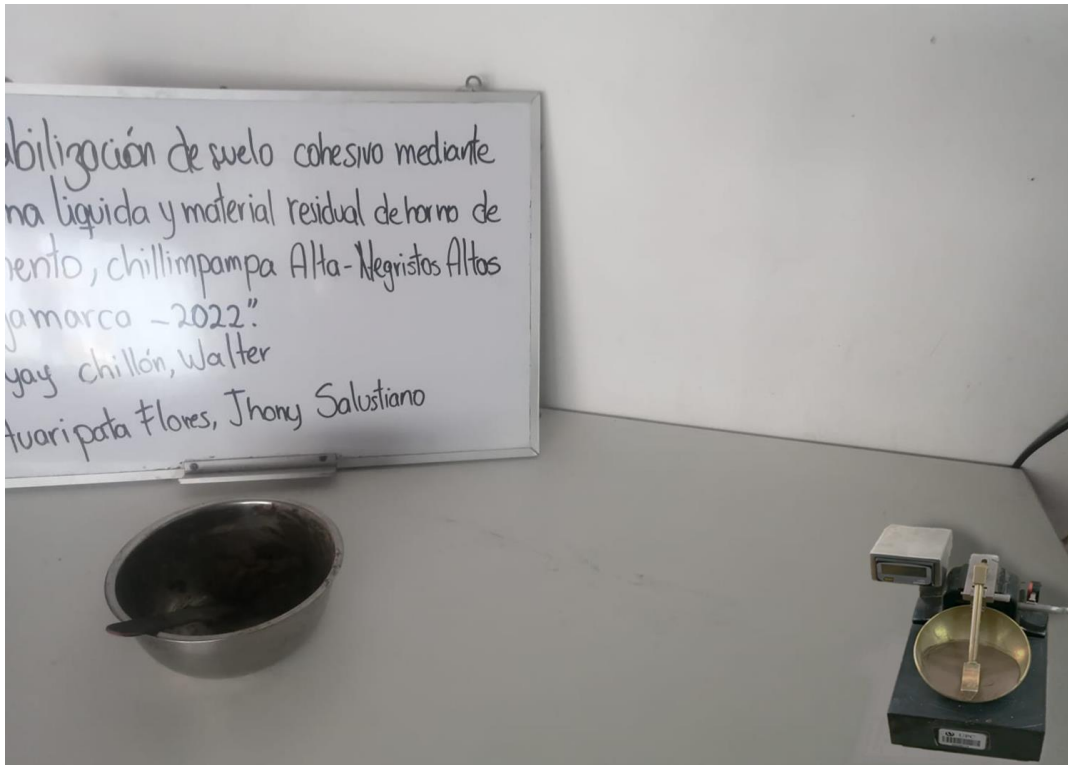


Imagen de uso de copa de casagrande

Fuente: elaboración propia

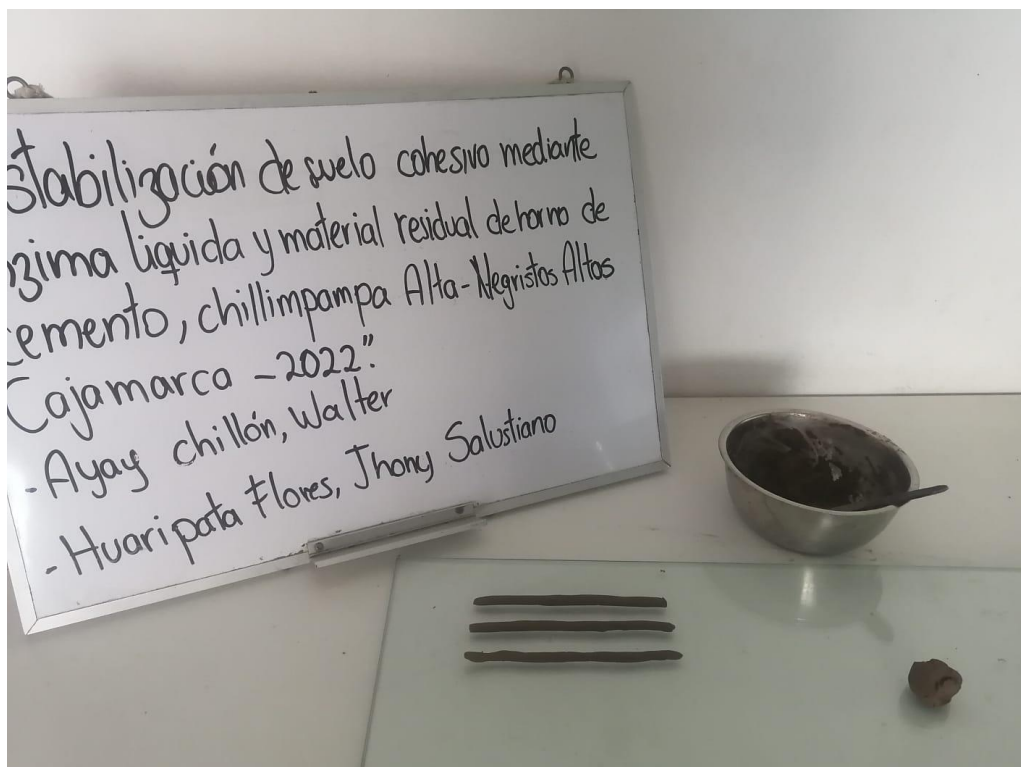


Imagen de elaboración de rollos de 3 mm de diámetro

Fuente: elaboración propia



Imagen de muestras del suelo y los aditivos

Fuente: elaboración propia

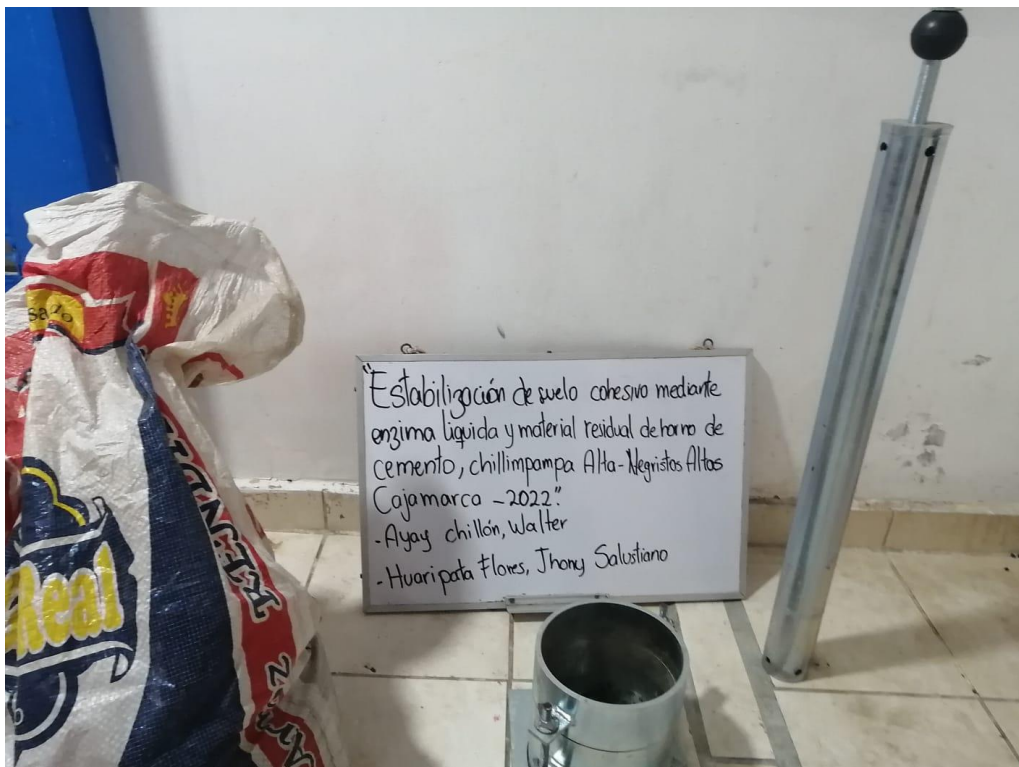


Imagen de implementos del ensayo proctor

Fuente: elaboración propia



Imágenes de procedimiento del ensayo proctor

Fuente: elaboración propia





Imágenes de penetración por dial

Fuente: elaboración propia



Imágenes de penetración por dial CBR