



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Estabilización de la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

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

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Quicaño Tenorio, Jorge Alberto

<https://orcid.org/0000-0002-2701-3907>

**ASESOR:**

Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio

<https://orcid.org/0000-0002-9573-0182>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento.

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

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, ya que ellos son el motor de mi vida para seguir adelante, a mis hermanos por sus palabras de ánimo y confianza, y a todas a aquellas personas que de alguna u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

## **Agradecimiento**

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 está cumplido, 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.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	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>.....</b>
<b>5 III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>.....</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	21
3.2. Variable y Operacionalización.....	21
3.3. Población, muestra y muestreo.....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	23
3.5. Procedimiento de datos .....	24
3.6. Método de análisis de datos .....	24
3.7. Aspectos éticos.....	25
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>49</b>

## Índice de tablas

Tabla 1: <i>Composición química de polvo de horno de cemento</i>	13
Tabla 2: <i>Categoría de subrasante Categoría de Subrasante CBR</i>	17
Tabla 3. <i>Instrumento de recolección de datos</i>	23
Tabla 4. <i>Dosificaciones aplicadas</i>	26
Tabla 5. <i>Análisis Granulométrico</i>	27
Tabla 6. <i>Clasificación de suelos, límites de Atterberg y distribución Granulométrica</i>	27
Tabla 7. <i>Datos Próctor Modificado C – 1 y C – 2</i>	28
Tabla 8. <i>Ensayo CBR para la muestra (C – 1)</i>	30
Tabla 9. <i>Ensayo CBR para la muestra (C – 2)</i>	31
Tabla 10. <i>Índice de plasticidad de la muestra (C – 1) con adición de polvo de horno de cemento y EarthZyme</i>	32
Tabla 11. <i>Proctor Modificado (C – 1) con adición de Enzima líquida y material residual de hornos de cemento</i>	33
Tabla 12. <i>Resultados del ensayo CBR para la muestra (C – 1) con la adición de Enzima líquida y material residual de hornos de cemento</i>	34

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina.	2
<i>Figura 2.</i> Estructura de EarthZyme	10
<i>Figura 3.</i> Cuatro subgrupos principales.	12
<i>Figura 4.</i> Proctor modificado Muestra (C – 1)	29
<i>Figura 5.</i> Proctor modificado Muestra (C – 2)	29
<i>Figura 6.</i> Ensayo CBR para la muestra (C – 1)	30
<i>Figura 7.</i> Ensayo CBR para la muestra (C – 2)	31
<i>Figura 8.</i> Ensayo CBR para la muestra (C – 1) + de polvo de horno de cemento y EarthZyme	35

## 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 polvo de horno de cemento y EarthZyme 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 polvo de horno de cemento y EarthZyme en el distrito de Chancay, Lima.

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 is concluded in this investigation that it was possible to calculate the resistance of the cohesive soil with the dosage of cement kiln dust and EarthZyme in the district of Chancay, Lima.

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

## I. INTRODUCCIÓN

Por muchos años, gran parte de los inconvenientes que son porción importante del pavimento es la subrasante, la cual si no está bien estabilizada compromete de manera muy perjudicial la constitución funcional y mecánica de un pavimento, debido a que si esta, no tiene sus propiedades mecánicas características adecuadas, no cumplirá su función y el uso de esta vía no tardará en presentar fallas. La deformación estructural de una vía es el resultado del uso de un pavimento que no está bien diseñado, puesto que estará sometido gran parte del tiempo ante las cargas generadas por el uso del parque automotor. La resistencia del suelo depende mucho de la composición que presenta la subrasante y las demás capas, por ello su imprescindible análisis y adecuado diseño.

En relación a la problemática internacionalmente, el diseño de pavimento implica muchas incertidumbres, variabilidades y aproximaciones con respecto a las propiedades de los materiales, las cargas de tráfico, la resistencia de la subrasante, las condiciones de drenaje, los procedimientos de construcción y compactación y los factores climáticos como la temperatura, la lluvia y las nevadas, etc. La confiabilidad en el diseño del pavimento se introdujo para considerar estas incertidumbres. Según Waipungu (2019), la confiabilidad en el diseño de pavimentos se puede definir como la probabilidad de deterioro real, que debe ser menor que el deterioro crítico para la vida útil general del diseño. Representa el nivel de confianza en los pavimentos diseñados para cumplir con el rendimiento objetivo.

En la ciudad de Chancay, la variabilidad asociada con la resistencia de la subrasante y el procedimiento de selección de la resistencia de la subrasante para el diseño pueden afectar el diseño y el desempeño del pavimento. Hasta el momento no se ha realizado ningún estudio sistemático para investigar el efecto de la resistencia variable de la subrasante y los procedimientos de diseño sobre la confiabilidad del diseño y el desempeño del pavimento. Este estudio se centra en la confiabilidad de la variabilidad de la resistencia de la subrasante. Para lo cual se adicionará enzima líquida y material residual de hornos de cemento para poder estabilizar los suelos, de esta manera tener una adecuada infraestructura vial, pero

esto no se cumple debido a que el CBR obtenido no aumenta adecuadamente, por ello el desgaste anticipado de las carreteras.

Según el MTC, la duración de capa de rodadura se estrecha como el perfeccionamiento de los pertenencias mecánicas y físicas de un pavimento por medio de inscripción y ordenamientos de bienes químicos, naturales y extractados. Estas permanencias, por lo acostumbrada se confeccionan en los suelos de subrasante pobres e inadecuados. En la zona de Chancay según Gambini (2021) son muy abundantes los suelos cohesivos, por ello es necesario realizar una estabilización de la subrasante debido a que es esta la que soporta toda la carga de un pavimento. (p. 75)

Por este motivo, en esta indagación se proyecta beneficiosa la estabilización de suelo de la subrasante mediante polvo de horno de cemento y EarthZyme de la calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay con el propósito de regenerar un adecuado CBR de la capa a nivel subrasante, cumpliendo los estándares y reglamentos establecidos en las normas MTC, NTP y RNE.



*Figura 1:* Calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina.

Fuente: Propia

La formulación del problema se establece en la calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay, debido a que en este litoral su superficie

es accidentada y cuando presenta precipitaciones está afectada a fuertes lluvias que con el paso del tiempo dañan la estructura del pavimento.

Se planteó el Problema General de la siguiente manera; ¿Cómo estabilizar la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022? y los problemas específicos siguientes; ¿De qué manera contribuyen el polvo de horno de cemento y EarthZyme en la plasticidad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima? ¿Cuál es la incidencia del polvo de horno de cemento y EarthZyme en el óptimo contenido de humedad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima? ¿Cómo varía la resistencia de la subrasante con la dosificación de polvo de horno de cemento y EarthZyme en el distrito de Chancay, Lima?

En relación a la justificación tenemos la justificación teórica: A través de esta indagación se intenta extender nuestra sapiencias en relación del comportamiento mecánico que tiene la subrasante de la calle las Palmas – Urbanización Aldea campesina del distrito de Chancay, con la incorporación de polvo de horno de cemento y EarthZyme, aplicaremos los conceptos de estabilización de suelos con polvo de horno de cemento y EarthZyme que actualmente posee importantes propiedades que beneficiarían el aspecto técnico. Justificación técnica: La realización de este estudio busca emplear el polvo de horno de cemento y EarthZyme en las propiedades mecánicas en la subrasante en la calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay con la finalidad de mejorar su plasticidad, compactación y resistencia, aplicando los conceptos técnicos del Manual de Carreteras de suelos.

Los objetivos planteados en esta investigación se indican a continuación. Objetivo general: Determinar la estabilización de la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022. Los objetivos específicos son: Evaluar la contribución del polvo de horno de cemento y EarthZyme en la plasticidad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima. Determinar la incidencia del polvo de horno de cemento y EarthZyme en el óptimo contenido de humedad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima. Calcular la resistencia de la subrasante con las dosificaciones de polvo de horno de cemento y EarthZyme en el distrito de Chancay, Lima.

La hipótesis general esta plantada como: Se logra estabilizar la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022. Del mismo modo las hipótesis específicas; El polvo de horno de cemento y EarthZyme mejoran la plasticidad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima. El polvo de horno de cemento y EarthZyme inciden favorablemente en la máxima densidad seca de la subrasante del distrito de Chancay, Lima. La dosificación del polvo de horno de cemento y EarthZyme varían considerablemente la resistencia de la subrasante del distrito de Chancay, Lima.

## II. MARCO TEÓRICO

Amjad (2017) el objetivo de su artículo fue perfeccionar el suelo por medio de la aplicación del estabilizador de suelos no tóxico EarthZyme. La metodología del diseño de investigación fue experimental y proyecto adicionar en 5 %, 8 % y 11 % de EarthZyme a la muestra del suelo adquirido en la ciudad de Yangling. Entre los hallazgos más importantes tenemos que el uso de EarthZyme al suelo, produjo una disminución de la contaminación y estabilizó la subrasante de la zona contaminada, esta a su vez pudo utilizarse como base fundamental del pavimento que hoy en la actualidad es utilizada como vía principal en dicha ciudad. Se notó que durante los hallazgos la adición de estas enzimas generaron mejorías en los ensayos de CBR, Proctor modificado y Límite de Atterber, estos a su vez se detallan como un cambio de CBR de 11.24 % a 31.08 %, humedad inicial de 37.48 % la cual disminuyó con dicha aplicación hasta 20.98 % y su plasticidad se convirtió de 25.39 % a 29.03 %. Entre las conclusiones más importantes se pudo encontrar que el uso de EarthZyme mejoró las características físicas y mecánicas de la superficie analizada.

Eshetu, Mekonnen [et al.] (2020) El objetivo de este artículo fue revisar las técnicas de estabilización del suelo basadas en bioenzimas con énfasis en la producción de bioenzimas, el mecanismo de estabilización del suelo y los desafíos futuros y las oportunidades del sector. La metodología del diseño de investigación es cuasi experimental y se agregó bioenzimas para mejorar las propiedades de suelo cohesivos en diferentes porcentajes (1.5%, 1.75%, 2% y 2.5%). Resultados mostraron mejoría a raíz que se aumentaba el porcentaje de adición de la bioenzimas, estos fueron aumentando el CBR en 32 %, 38 %; 41 % y 43 % respectivamente, cuando el suelo cohesivo al realizar el análisis inicial sin la adición de bioenzimas fue un CBR de 9 %. Se concluyó lo siguiente: La producción local de bioenzimas es la mejor opción donde las tecnologías rentables son el interés principal de la economía. Se han utilizado enzimas como estabilizadores de suelos para mejorar la resistencia de las subrasantes debido a su bajo costo y su aplicabilidad relativamente amplia en comparación con los estabilizadores estándar.

Abdulkareem, Eyada y Mahmood (2021), en su artículo planteó como objetivo la utilización del polvo de horno de cemento en el perfeccionamiento del suelo. diseño

experimental en relación a su diseño de investigación, se sondeó empíricamente la emanación del progreso del suelo manipulando polvo de horno de cemento. Se proyectó localizar el esfuerzo de compactación grande del suelo combinado con polvo de horno de cemento en la añadidura conveniente de composición de 4%, 6%, 8% y 10%. Como resultado se encontró que el índice de plasticidad aumenta de 16 % hasta 35.24 % al adicionar 10% de polvo de horno de cemento, del mismo modo se reveló que la mezcla generó una mejor compactación cuando se le agregó 6 % de polvo de horno de cemento determinando que la adición de polvo de horno de cemento permitió que el contenido de humedad óptima llegara hasta un 12 %, en cambio en el momento de adicionar el 10 % de polvo de horno de cemento admitió extender el CBR de 18 % a 38 %. Conclusiones: Se pudo notar que se estableció la estructura de 2 niveles el cual conforman la estructura fibrosa trascendental correspondientemente consistente y la estructura robusta estrecha que está como segundo lugar. El aumento de polvo de horno de cemento en el suelo perfeccionó la firmeza del suelo ampliando en gran grado de CBR del suelo.

Ramos (2020), En su estudio de grado el cual tiene como propósito aplicar la fibra de cabuya como un estabilizante, con el propósito de mejorar los suelos que presentan una estructura blanda en la capa de subrasante en el distrito de Mi Perú en la avenida Cusco, en su investigación aplicó las normas SUCS, AASHTO y las normas peruanas, donde entre los resultados se encontró que el tipo de suelo era arena con características limosas de muy pequeña plasticidad, la aplicación de fibra de cabuya fue en los porcentajes de diez, quince y veinte por ciento, este suelo es húmedo por la altitud donde se encuentra, los fenómenos atmosféricos tienen la particularidad de alterar este tipo de suelos, por tal motivo fue importante la estabilización del suelo de este lugar. Entre los resultados más importantes se encontró que el CBR alcanzado es de 31.29% para la adición del 10 %, 35.49% para la adición del 15 % y finalmente alcanzó un CBR de 38.49% para una incorporación del 20 %. Entre las conclusiones más resaltantes, se encontró que la aplicación de fibras de cabuya mejora la capacidad resistente de la subrasante brindándole más resistencia a la carga y aumentando su duración de vida en el transcurso de su uso como superficie que resistirá un pavimento.

Angulo y Rojas (2016) presentaron su investigación donde el propósito era demostrar la seguridad de aplicar el aditivo PROES en el suelo del AA. HH el Milagro para poder estabilizarlo. La metodología del diseño de investigación es pre-experimental. Los instrumentos que utilizó fue guía de observación. Los resultados de la prueba muestran que aditivo PROES mejoran en comparación con el suelo cohesivo. Cuando el suelo cohesivo no presenta adición con aditivo PROES el CBR de la muestra presentó un índice de 21 % y durante la aplicación de un porcentaje de 5 % del aditivo PROES presentó un CBR de 38,21 %, por otro lado, cuando se le agregó un porcentaje de 7.5 % de aditivo PROES el índice de CBR obtenido es de 47,11 %. Conclusiones: La adición de aditivo PROES mostró progreso en la resistencia al corte del suelo cohesivo y perfecciona fervorosamente la resistencia al hundimiento del suelo cohesivo. La adición de aditivo PROES mejoró marcadamente el CBR del suelo patrón.

López (2021) Esta investigación tiene como **objetivo** es establecer el predominio de la agregación de ceniza de cáscara de arroz en el suelo extraído en la ciudad de Moyobamba. El estudio fue experimental. Entre los resultados más destacados tenemos que se aplicó la ceniza de cáscara de arroz, en la muestra extraída, logrando alterar sus características mecánicas y consiguiendo un aumento de CBR de 16.69 % en cual fue más que el doble del suelo patrón y para el cual se aplicó la adición de ceniza de cáscara de arroz en un 6 %. Conclusiones: La adición de ceniza de cáscara de arroz mostró progreso en la resistencia a la carga por dial que se realizó en el ensayo de Proctor modificado y CBR del suelo cohesivo. **Conclusiones:** esta ceniza manifestó un notable ejercicio como transformación de la subrasante y aumentando su capacidad, por tal motivo el investigador recomienda la aplicación de para la estabilización de la subrasante el uso de ceniza de cáscara de arroz.

Guzmán (2020) investigación cuyo objetivo fue el progreso de subrasante de capacidad resistente pequeña a través de la aplicación de reciclados de tipo polímeros en el distrito de la Victoria. Diseño de investigación es experimental. Se programó localizar la resistencia de compactación último del suelo combinado con polímeros reciclados en la adición proporcionada de 1%, 3% y 5%. Como consecuencia se encontró que la mezcla con la adición de polímeros

recicladados produjo aumento en la compactación con la adición del 3 % de polímero reciclados, por otro lado, cuando se añadió un 5 % de polímero reciclado ayudo a mejorar un CBR inicial de 18.98 % alcanzando hasta un CBR de 38.79 %. Entre las conclusiones más resaltantes tenemos que se estableció la estructura de 2 niveles que constituyen de la distribución fibrosa transcendental respectivamente inflada y la distribución fibrosa capilar subsiguiente. La añadidura de polímero reciclados en el suelo perfecciono la resistencia del suelo agrandando el CBR del suelo.

Fernández (2017) presento su artículo cuyo objetivo es establecer la estabilización de suelos con componentes de arcilla en consecuencia de aplicar aditivo terrazyme en la parte sur este de esparcimiento de la ciudad de Cajamarca. La metodología del diseño de investigación es experimental. Los instrumentos fueron las plantillas de Excel para el cálculo el método de mecánica de suelos y los ensayos de CBR y proctor así como el contenido de humedad. Resultados: Consiguió a través de sus ensayos de límites de Atterberg un aumento en la MDS de 1.97 g/cm<sup>3</sup> disminuyendo su húmedas hasta 33 % el cual fue mayor a su contenido de humedad patrón que era de 16 %, todo esto fue logrado debido a la incorporación de un 12% del aditivo terrazyme. El manejo del aditivo Terrazyme y su aplicación en suelos con componentes de arcilla acrecentó 19.21 % de la resistencia de carga de la subrasante a través de la añadidura del aditivo Terrazyme en sus dosificaciones en las muestras. Entre las conclusiones mas relevantes presentaron que la adición de aditivo Terrazyme. Mejoro la densidad seca hasta 30.45 ml/m<sup>3</sup>, acrecentó su tenacidad, en la muestra PI 1: 112.68 %; muestra PI 2: 89.45 %; muestra PI 4: 99.05 %; muestra PI 5: 111.94 %; muestra PI 6: 114.34 %; muestra PI 7: 119%; muestra PI 3: 99.07 %; muestra PI 5: 112.15 %; muestra PI 6: 114.15 %; muestra PI 7: 118.78 %.

Terrones (2018) su exploración se basó en establecer el dominio de la añadidura de ceniza de bagazo de caña de azúcar (BCCA) en cantidades de 15%, 10% y 5% en masa en la intención de mejorar el suelos con componentes de arcilla en el sección Barraza, Trujillo. Diseño experimental en relación a la metodología de investigación, se inspeccionó empíricamente la consecuencia deL progreso del suelo manipulando ceniza de bagazo de caña de azúcar. Se bosquejó localizar la capacidad de soporte máximo del suelo combinado con polvo de hornos de

cemento en la añadidura proporcionada de composición de 5%, 10% y 15% con las muestras A y B. A medida que las muestras se estabilizaron con BCCA, hubo una reducción progresiva en las densidades secas, pero aumentó el implícito recomendable de humedad de las muestras de suelo. Finalmente se halló en relación al Californian Bearing Ratio (CBR) empapado de las muestras de suelo A y B son 18.0% y 16.33% respectivamente. El CBR sin remojar de las dos muestras es 30,0% y 29,33%. Conclusión: A partir de los hallazgos del experimento, se localizó que el CBR empapado de las muestras aumentaba a medida que aumentaba el porcentaje del estabilizador de BCCA. El aumento de resistencia medido por los valores CBR puede haber estado relacionado con la intransigencia de combinación del óxido de calcio (cal), que es el óxido predominante en la BCCA en presencia de agua durante el curado de las muestras.

Las enzimas líquidas son moléculas de proteínas que constan de cadenas polipeptídicas plegadas de aminoácidos que son esenciales para realizar una serie de funciones biológicas. El orden de estos aminoácidos en una proteína determina su estructura terciaria a través de la geometría molecular y las interacciones químicas intramoleculares. Dependiendo de la composición de aminoácidos, estas proteínas pueden incorporar grupos funcionales tanto ácidos como básicos, que juegan un papel importante en su estructura. Por lo tanto, su expresión puede estar relacionada con la resistencia de las fuerzas de despliegue debido a que la conformación de la proteína da como resultado un estado menos soluble debido a la ocurrencia de cambios estructurales, agregación y / o precipitación. La solubilidad de la enzima puede cambiar a medida que su estructura sufre modificaciones como resultado de la exposición de diferentes residuos al entorno circundante. Algunas de las características notables de las enzimas son su diversidad funcional y versatilidades derivadas de que cada aminoácido constituyente tiene una cadena lateral diferente con una química y polaridad específicas, y de formas flexibles y numerosas en las que las cadenas polipeptídicas pueden plegarse. (Silvaa, 2018, p. 3)

EarthZyme (EZ) 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. La aplicación de la

EZ en la mejora del suelo condujo a valores más altos de la resistencia del suelo, lo que puede permitir el uso de suelos pobres, reduciendo así la dependencia normal del suelo granular. El EZ viene en forma líquida con el equipo y las técnicas estándar. La EZ se ha utilizado principalmente para estabilizar capas de subrasante de carreteras. Además, el EZ se ha utilizado como estabilizador de suelos bajo cualquier forma de pavimento y ha demostrado ser exitoso en la mejora del suelo para suelos que contienen alrededor del 20% de finos (pasando el tamiz No. 200) con valores de índice de plasticidad superiores a 8. (Abdulkareem, Eyada y Mahmood, 2021, p. 11)

Según lo descrito por la fabricación del EZ, el producto utiliza una inmensa capacidad de intercambio iónico para reducir la doble capa difusa que rodea las partículas del suelo y disminuye la absorción de agua del suelo. Durante el proceso de compactación de la mezcla, EarthZyme reduce los valores del contenido óptimo de agua y aumenta los valores de las densidades secas. Los tensioactivos facilitan el intercambio iónico al aumentar la penetración de la solución iónica en la estructura capilar del suelo. Además, los tensioactivos sirven a las enzimas como fluido portador. Tales enzimas promueven un mayor intercambio de iones entre varios minerales del suelo; permitiendo que EarthZyme sea versátil en eficacia. Estos resultados acumulativos reducen significativamente la sensibilidad de los suelos arcillosos al agua. EarthZyme actúa como un surfactante que disminuye temporalmente la tensión superficial y la viscosidad del agua. (Oscanoa, 2021, p. 23)

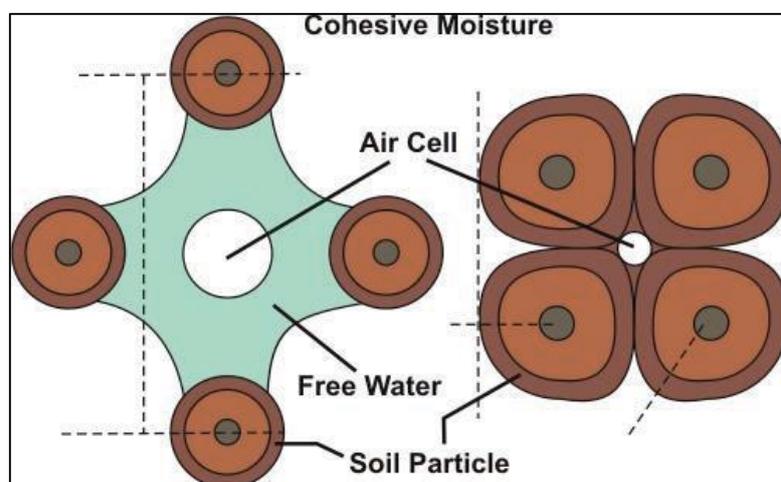


Figura 2: Estructura de EarthZyme.

Fuente: (Oscanoa, 2021, p. 23)

El uso de Bioenzima también proporciona un método alternativo y económico para la estabilización del suelo. Varias bioenzimas están disponibles comercialmente en la actualidad, por ejemplo, Renolith, PermaZyme, TerraZyme, Fujibeton, etc. Su aplicación es altamente específica para el suelo, por ejemplo, Renolith se usa para aumentar la resistencia a la tracción del suelo granular, PermaZyme aumenta la cohesión del limo y arcilla, Fujibeton aumentan UCS y la relación de carga de California (CBR) del suelo, y TerraZyme mejora la capacidad de carga del suelo de grano fino (Rajoria y Kaur, 2014). TerraZyme es una de las enzimas comunes extraídas de las verduras y no tiene efectos adversos sobre el medio ambiente. Navale y col. (2019) Concluyó que TerraZyme forma un material cementoso al reaccionar con la materia orgánica presente en el suelo, que es responsable de la reducción de la permeabilidad y reduce el hinchamiento y mejora la resistencia del suelo. Gupta y col. (2017), mientras trabajaba con suelo arcilloso, dedujo que TerraZyme podría neutralizar la carga electrostática alrededor de las partículas arcillosas. Por lo tanto, el suelo podría compactarse con un esfuerzo menor. Agarwal y Kaur (2014) utilizaron TerraZyme con suelo de algodón negro y concluyeron una reducción en la hinchazón y permeabilidad del suelo con un aumento sustancial de la compactación y UCS del suelo. (Oscanoa, 2021, p. 31)

La mejora del suelo mediante estabilizadores químicos permite las modificaciones de las propiedades del suelo mediante reacciones fisicoquímicas demuestran ser más efectivas para mantener las mejoras a largo plazo que los otros métodos (Cañar et al., 2017). Los procesos químicos como la mezcla con cemento, cenizas volantes, cal, subproductos de cal, reactivos químicos y mezclas de cualquiera de estos materiales se pueden utilizar para alterar las propiedades del suelo como resistencia, compresibilidad, conductividad hidráulica, potencial de hinchamiento y propiedades de cambio de volumen. (Castro, 2017). El material extraño se puede agregar in situ o ex situ según el tipo de aditivo, el diseño del proyecto y la disponibilidad del equipo (Cibao, 2017).

Los productos químicos generalmente utilizados para la estabilización incluyen subproductos industriales o materiales de desecho con propiedades de cementación. Se han desarrollado varios aditivos químicos en las últimas dos décadas; sin embargo, su selección y aplicación no son uniformes, sino que

dependen del tipo de suelo y otros factores de aplicación. Un aditivo individual actúa de manera diferente con un tipo de suelo diferente. Por lo tanto, el conocimiento detallado sobre los productos químicos y sus requisitos de aplicación es de suma importancia. Según la naturaleza y la composición química, los métodos de estabilización química se dividen ampliamente en cuatro subgrupos principales, como se muestra en la Figura 2: (Espinoza y Velásquez, 2018, p. 54)

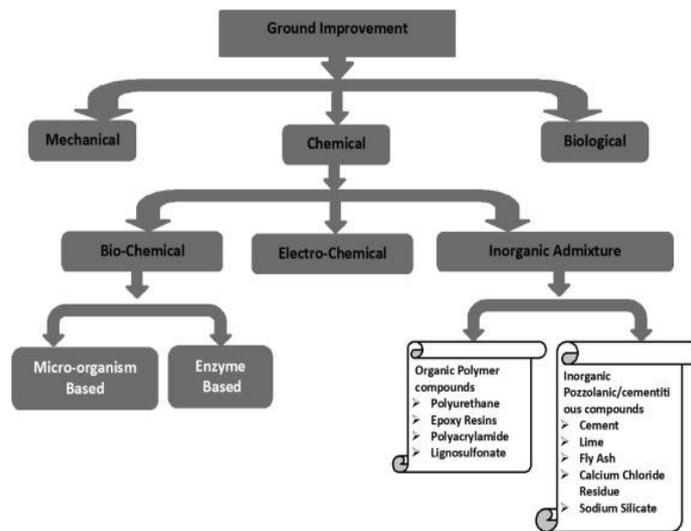


Figura 3: Cuatro subgrupos principales.

Fuente: Oscanoa (2021)

El polvo del horno de cemento (CKD) es el residuo de grano fino, sólido y altamente alcalino que se elimina de los gases de escape del horno de cemento mediante dispositivos de control de la contaminación del aire. Debido a que gran parte del CKD son en realidad materias primas que no han reaccionado, grandes cantidades se pueden reciclar y se reciclan en el proceso de producción. Algunas ERC se reutilizan directamente, mientras que otras requieren tratamiento antes de su reutilización. Los CKD que no se devuelven al proceso de producción generalmente se eliminan en unidades de disposición en tierra (es decir, rellenos sanitarios, pilas de desechos o depósitos de superficie), aunque algunos también se venden para su reutilización beneficiosa. (Andrés, 2014, p. 15)

La composición del polvo del horno de cemento (CKD) es un material fino en polvo, cuyas porciones contienen algo de óxido de calcio reactivo, según la ubicación dentro del sistema de recolección de polvo, el tipo de operación, la instalación de recolección de polvo y el tipo de combustible utilizado. La CKD consta de cuatro

componentes principales: alimento crudo sin reaccionar, alimento parcialmente calcinado y polvo de clínker, cal libre y sales enriquecidas de sulfatos alcalinos, haluros y otros compuestos volátiles. (Andrés, 2014, p. 15)

En reemplazo el CKD se puede utilizar con cenizas volantes y escoria de alto horno granulada triturada hasta un 15% en masa de material cementoso y en cementos de escoria de alto horno granulada triturada hasta un 10% en masa de material cementoso (Rondón, 2015).

Las siguientes ventajas se obtienen como resultado de la adición de CKD junto con cenizas volantes y escoria de alto horno al cemento Portland: (Andrés, 2014, p. 15)

Tiempos de fraguado inicial y final reducidos

Fortalezas aumentadas

Refinamiento de poros

Tabla 1. *Composición química de polvo de horno de cemento.*

Compuesto químico	Valores
Módulo de hidratación	2.3
Gravedad específica, Gs	2.78
Pérdida por ignición, %	22.09
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O),%	2.4
Óxido de sodio (Na <sub>2</sub> O),%	0.19
Óxido de azufre (SO <sub>3</sub> ),%	4.53
Óxido de magnesio (MgO),%	1.38
Óxido de calcio, (CaO),%	48.4
Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ),%	1.97
Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ),%	3.91
Sílice (SiO <sub>2</sub> ),%	15.14

Fuente: Andrés (2014).

Por precaución la ERC debe considerarse y evaluarse planta por planta, ya que varía en composición con respecto a la planta. La ERC, cuando se usa sola, puede reducir la trabajabilidad, los tiempos de fraguado y la resistencia debido al alto contenido de álcali. Cuando se utiliza CKD con alto contenido de álcali, se deben incorporar cenizas volantes o escoria de alto horno para evitar problemas de

reacción álcali-sílice. Al igual que con todos los demás materiales cementosos alternativos, se requieren mezclas de prueba para lograr las propiedades cementosas deseadas. (Mekonnen, 2020, p. 21)

El suelo cohesivo se define como suelo pegajoso y puede denominarse arcilla o arcilla limosa. La tensión superficial del agua capilar ejerce las fuerzas capilares, lo que reduce la resistencia del suelo. Los ejemplos de suelos cohesivos son 1) limo, 2) arcilla, 3) turba, 4) marga y 5) laterita. El exceso de contenido de humedad en el suelo causará dificultad en la excavación por lo que el suelo fluirá. La resistencia del suelo varía cuando retiene agua. Este tipo de suelo siempre experimenta contracción y expansión. Un ejemplo de suelo cohesivo es la arcilla, que contiene partículas muy finas que pueden retener agua para aumentar el volumen de partículas del suelo. También puede liberar el contenido de humedad para disminuir el volumen del suelo. El suelo cohesivo es blando, cuando está húmedo y cuando el suelo se seca, se vuelve duro. Tiene un alto contenido de humedad. El tamaño de grano es inferior a 0,075 mm. En suelos cohesivos, las partículas de grano fino se forman cuando el limo y la arcilla se adhieren estrechamente. (Terrones, 2018, p. 12)

La característica del suelo cohesivo es que tienen una fuerza cohesiva significativa y exhiben plasticidad. La cohesión entre las partículas del suelo proviene de tres fuentes principales: cementación, atracción electrostática y electromagnética, y unión y adhesión de valencia primaria (Mitchell y Soga 2005). La estructura de la arcilla en un suelo cohesivo tiene una gran influencia en el comportamiento de ingeniería de los suelos. La estructura del suelo se refiere a la disposición geométrica del suelo o de las partículas minerales y depende de las características genéticas, químicas y mineralógicas, así como de las condiciones de estrés pasadas del suelo. La fuerza entre partículas también influye en la estructura del suelo. (Terrones, 2018, p. 14)

La estabilización de suelos arcillosos con permite utilizar materiales considerados apropiados para la construcción de suelos y capas de cimentación, porque aumenta la resistencia; en muchos casos, esto representa un ahorro significativo. Cuando se añade algún elemento al suelo plástico, se producen cambios iónicos inmediatos y floculación de la masa de arcilla, lo que resulta en un aumento inmediato de la

resistencia y una disminución del índice de plasticidad, mientras que las reacciones posteriores entre agregados conducen a un endurecimiento retardado, sobre el que afecta decisivamente la temperatura del ambiente. Los resultados que deben dar para permitir el tratamiento con agregados. Para saber el porcentaje de estabilizador se realizan pruebas de compresión libre y cbr. Luego se describe el método constructivo de implementación, compactación y análisis (Enrique, 2006, p. 9).

Los suelos cohesivos, polvorientos o suelos granulares son aquellos cuya dimensión es mayor a  $20\mu\text{m}$  según la Sociedad Internacional de Suelos. El comportamiento de los suelos cohesivos Según la norma internacional, los suelos cohesivos o suelos finos son aquellos cuya dimensión es menor a  $20\mu\text{m}$  según la Sociedad Internacional de Suelos. Aunque influyen las dimensiones de los granos del esqueleto, el comportamiento de un suelo fino está en función de: Y su estructura, es decir la forma en que las partículas están dispuestas y orientadas unas con respecto a otras (Angulo y Rojas, 2016, p. 2).

Las arcillas son suelos con un diámetro promedio de menos de  $2\mu\text{m}$ . Proviene de la alteración química de las rocas y más precisamente de los minerales silicatados (feldespatos, mica, etc.). Su comportamiento mecánico está influenciado por su estructura cristalina básica, que según Angulo y Rojas (2016) puede ser escamosa, de panal, apilable. Los tipos de arcilla más comunes son: caolinita, montmorillonita e illita. Es una facilidad que ofrece el suelo para dejar pasar el agua a través de él. Esta noción interviene en el terreno para la resolución de problemas relacionados con los flujos subterráneos. El agua fluye a través del material, sus partículas describen curvas continuas conocidas como líneas de corriente. La ley fundamental de la hidráulica del suelo es la ley de DARCY. Publicado en 1856, expresa la proporcionalidad entre la velocidad del flujo y el gradiente hidráulico: es una ley experimental (p. 5).

La estructura de los suelos arcillosos es muy sencilla de entender. Los suelos arcillosos mal drenados también se pueden modificar con suelo arenoso. Algunos suelos arcillosos son muy altos en sodio, lo que interfiere con la agregación de partículas minerales. Es posible mejorar la estructura de estas arcillas sódicas incorporando yeso (si su pH es neutro o alcalino) o cal (si su pH es ácido). El drenaje

y la aireación de los suelos arcillosos se mejoran mediante adiciones significativas de materia orgánica, en forma de compost o estiércol compostado. Lo mejor es incorporar estas enmiendas a fines del otoño (Terrones, 2018, p. 16)

Las propiedades físicas y en particular las propiedades de retención de agua de los suelos arcillosos están ligadas al contenido de arcilla y sus características tales como la mineralogía, el tamaño de las partículas elementales y la naturaleza de los cationes intercambiables. En el suelo, las partículas finamente divididas como las arcillas tienen la particularidad de desarrollar una gran superficie específica en contacto con el agua y de poseer una elevada carga eléctrica superficial. Estas fracciones, gracias a su pequeño tamaño ( $<2 \mu\text{m}$ ) juegan un papel privilegiado en la retención de agua, la estructuración del suelo, pero también en la retención y biodisponibilidad de elementos químicos esenciales para las plantas (López y Torbisco, 2021, p. 16)

Sea cual sea el uso al que se destine un suelo, es importante conocer su naturaleza, su composición y la distribución de los granos de diferentes tamaños que lo componen. Los ensayos que dan lugar a este estudio se denominan ensayos de identificación, el propósito de este capítulo es introducir los parámetros de estado e identificación que conducen a la clasificación geotécnica de los suelos. En particular, los parámetros de estado (características físicas del suelo) se utilizarán posteriormente para explicar la compactación del suelo y describir su comportamiento hidráulico y mecánico. Estos parámetros también permitirán explicar fenómenos como el asentamiento y la consolidación (Terrones, 2018, p. 32)

Las características generales de los pavimentos se basan en el tráfico, elemento esencial de su diseño. Corresponde a un número de pasos de vehículos durante un período determinado. El peso de los vehículos se transmite a la calzada, en forma de presión, a través de los neumáticos. Los materiales situados debajo de las ruedas se ven sometidos a fuerzas muy diferentes según pase un coche o un camión. (Huamani, 2017, p. 26)

Se dice que una carretera tiene poco tráfico cuando el número de vehículos que circulan por ella es inferior al equivalente a 150 vehículos pesados por día, es decir,

aproximadamente 1.500 vehículos por día y por sentido, todos los modelos combinados. Este nombre abarca una gran cantidad de caminos. (Huamani, 2017, p. 27)

Sub rasante: En ingeniería de transporte, la subrasante es el material nativo debajo de una carretera de construcción, pavimento o vía férrea, también se denomina nivel de formación, la subrasante también puede referirse al material importado que se ha utilizado para construir un terraplén. El suelo nativo se compacta para resistir su sobrecarga formada por cualquier corte, arranque o relleno. Este puede ser un material natural, no perturbado, aunque por lo general el suelo natural se compactará hasta uniformidad. (MTC EM 115), MTC, 2013

Tabla 2. *Categoría de subrasante Categoría de Subrasante CBR*

Categoría de Subrasante	CBR
Perfecto	$29 < \text{CBR}$
Muy adecuado	$19 < \text{CBR} \leq 29$
Adecuado	$9 < \text{CBR} \leq 19$
Intermedio	$5 < \text{CBR} \leq 9$
Malo	$2 < \text{CBR} \leq 5$
Muy malo	$\text{CBR} \leq 2$

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

El índice de plasticidad (PI) se calcula como la diferencia numérica entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (PL);  $PI = LL - PL$ . Estos tres parámetros en conjunto son los límites de Atterberg (ASTM2010). El límite líquido y el índice de plasticidad son los ejes del gráfico de plasticidad, que se utiliza en ingeniería para clasificar los suelos de grano fino, que se definen como suelos con un 50 % o más que pasa el tamiz #200 (ASTM2011). El tamiz #200 tiene 200 aberturas por pulgada, o 200 aberturas por 25,4 mm, con aberturas de 0,074 mm (ASTM2009). Las partículas que pasan a través de un tamiz #200 se clasifican como de grano fino (limo, arcilla) y generalmente se las denomina "finas", mientras que las partículas que se retienen en un tamiz #200 se clasifican como de grano grueso (arena, grava, adoquines, cantos rodados). La prueba de límites de Atterberg también se realiza en la matriz de suelos de grano grueso, que es la fracción de una muestra de suelo que pasa el tamiz #40 (aberturas de 0,42 mm de diámetro; arena de tamaño medio (A. Nakajima y T. Mawatari, 1998. p. 20)

La compactación del suelo se refiere a que el suelo normalmente está formado por un 50% de cavidades (poros gruesos, medianos y finos), por las que circulan agua y aire y que albergan miles de millones de organismos vivos (bacterias, algas, nematodos, insectos, lombrices, etc.). Los trabajos agrícolas, forestales o de movimiento de tierras realizados en condiciones de excesiva humedad o con maquinaria inadecuada pueden provocar una compactación persistente del suelo: sus poros se comprimen, lo que daña su estructura. El suelo compactado tiene una menor capacidad de retención de agua. En lugar de infiltrarse en profundidad, la precipitación se escurre por la superficie, promoviendo así la erosión del suelo y las inundaciones. Además, se perturba la vida del suelo y el desarrollo de las plantas. (Adediran, 2008. p. 4)

Según Barrantes (2016) hablamos de compactar un suelo para hablar de una operación para aumentar la densidad seca de un suelo expulsando el aire que contiene (figura 1), por presión, vibración o percusión, de forma voluntaria o sufrida. La compactación del suelo puede ser de origen natural (caso de suelos forestales no antropizados) o inducida (caso de suelos agrícolas); puede ocurrir en la superficie o en profundidad (p. 21)

En obras viales, y en particular para la fabricación de terraplenes y capas de formas, uno sólo puede admitir deformaciones débiles, se determina así la capacidad portante del suelo, es decir, su resistencia a la rotura por el ensayo CBR (Test de portante Californiano) Este método fue adaptado por ingenieros del ejército estadounidense durante la guerra entonces se desarrolló mejorado. Este Dial encontró que este método es utilizado por todos los países del mundo. PROPÓSITO DE LA PRUEBA: La prueba C .BR es una prueba de elevación (aptitud material apoyara ellos cargas) de terraplenes y subrasantes compactadas obras viales, es decir, la resistencia a la rotura y por lo tanto tiene como objetivo la evaluación dela capacidad de un suelo para soportar el tráfico del sitio. (Gavilanes, 2015, p. 91)

Según Cervantes y Cuya (2015), se trata de determinar experimentalmente Índices que llevan inmediato (IPI. CBR), que permiten: Establecer una clasificación de suelos (GTR). Evaluar el precio de la maquinaria de movimiento de tierras (IPI). El índice inmediato (CBR) es para determinar la elevación del material sus les

Surcharges de la acera. El índice (CBR) después de la inmersión esto es para determinar la sustentación del material en las peores condiciones higrométricas. Índice buscado es un número adimensional, expresado en porcentaje, establezca el Relación entre las presiones que producen una profundidad dada en el material estudiado de un parte, y en el material típico por otro lado. Determinar el espesor de los pavimentos (CBR) => el espesor disminuye (p. 43)

La prueba CBR Antes de la colocación de la capa superior y/o los materiales de la subbase, el pavimento y las áreas pavimentadas de estacionamiento de automóviles, se debe realizar la prueba de Relación de carga de California (CBR) para determinar la resistencia de los depósitos naturales de la subrasante para satisfacer los requisitos estructurales tanto durante la construcción (el corto plazo) y la fase posterior a la construcción (el largo plazo) (Gavilanes, 2015, p. 92)

Los resultados de las pruebas de CBR se pueden recopilar in situ o dentro de los laboratorios de suelo acreditados utilizando muestras de los suelos naturales de la subrasante para garantizar que el espesor de la capa superior y/o los materiales de la subbase sean correctos y que la subrasante subyacente pueda soportar las cargas requeridas. Las pruebas de CBR y el muestreo asociado se repetirán en varios lugares a lo largo de las carreteras propuestas o áreas de estacionamiento de automóviles a intervalos regulares para determinar un valor de CBR representativo. El CBR o módulo de rigidez (Ms) a largo plazo de los suelos de subrasante en índices de succión de equilibrio (ESI) debe realizarse en el laboratorio (Gavilanes, 2015, p. 94)

Según Araujo y Urbano (2020), A los efectos del diseño del pavimento, se utiliza un valor de diseño CBR como medida de la resistencia de la subrasante. El propósito del CBR es identificar la resistencia de los suelos de la subrasante para determinar con precisión el espesor de la capa superior y/o la subbase para las carreteras, el pavimento y las áreas de estacionamiento de automóviles propuestos. Cabe señalar que es probable que el CBR in situ de la subrasante determinado en el momento de una investigación del terreno difiera del valor de equilibrio a largo plazo que se puede determinar una vez que se ha construido el pavimento. Mientras que muchos suelos arcillosos están sujetos a ablandamiento estacional, los suelos gruesos sueltos podrían mejorarse mediante la compactación (p. 52)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### El tipo de investigación

La contemporáneo indagación es de tipo aplicada ya que se fundamenta en normas y leyes científicas, del mismo modo se pretende encontrar la influencia de la enzima líquida y material residual de hornos de cemento en la estabilización de suelo cohesivo.

##### Diseño de investigación

La contemporánea tesis es un diseño experimental, puesto de alterar la forma de análisis de las variables independientes (enzima líquida y material residual de hornos de cemento) para observar la variación en la variable dependiente (estabilización de suelo cohesivo).

#### 3.2. Variables, Operacionalización

**VARIABLE INDEPENDIENTE:** Polvo de horno de cemento y EarthZyme

**Definición Conceptual:** Según Fernández (2017) EarthZyme es un estabilizador de suelos no tóxico que se ha utilizado con suelos cohesivo 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 Clinker.

**Definición operacional:** El polvo de horno de cemento y EarthZyme se identificarán según sus características y se aplicaran en relación a los porcentajes de su dosificación, donde el EarthZyme reemplazaran un porcentaje del contenido de humedad y el polvo de horno de cemento al peso seco del suelo de muestra.

Dimensiones:

- Características.  
Aspecto

pH

Clasificación

Peso específico

Densidad

Tamaño

- Dosificación de polvo de horno de cemento y EarthZyme.

5%

7.5

10%

12.5%

15%

**VARIABLE DEPENDIENTE:** Estabilización de la subrasante.

**Definición Conceptual:** 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.

**Definición operacional:** La estabilización de la subrasante 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.

Dimensiones:

- Plasticidad
- Máxima densidad seca
- Resistencia

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

**Población:**

La población está conformada por la calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay, con el plan de formular una manera de solución para corregir las condiciones de un camino no pavimentado y con este metodo

lograr una buena calidad resistente de la superficie, del mismo modo conseguir una durabilidad ante el acrecentamiento de los vehículos que utilizan dicho tramo.

#### **Muestra:**

La muestra está conformada por todo el suelo cohesivo de la calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay. Se ejecutarán dos calicatas de 1.50 m de profundidad, y una vez obtenida la muestra, se procederá trasladar el material al laboratorio elegido para realizar los ensayos.

#### **Muestreo:**

Según Niño (2011) es la manera de considerar la muestra y sus tipos de formas de analizarlas, donde el muestreo no probabilístico se baja en la elección aleatoria del investigador tomando la porción más representativa, la cual e puede basar a normas o leyes (p. 57). La investigación considerara el muestreo no probabilístico.

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

Se concibe mediante la selección de mecanismos, técnicas y datos característicos que consiguen realizase en el momento y es el analista el encargado de realizarlo para mostrar los fundamentos. Esto apoyará a un conocimiento más amplio en relación a las variables de expectación. Guía de Observación la cual se aplicará con el fin de poder recopilar y poder llevar un control de toda la información registrada al momento de realizar los ensayos, de este modo no generará mantener siempre actualizada la información y al mismo tiempo mantener un orden en la recopilación de todos los datos. A través de esta Guía, se consigue comprobar los trascendentales inconvenientes que demuestra la subrasante de la calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay.

### **3.5. Procedimiento**

El proceso se basó inicialmente en la extracción de las muestras de las 2 calicatas realizadas, de las cuales se extrajo aproximadamente 50 kg de muestra de cada una, estas muestras se trasladaron al laboratorio embolsadas para mantener su contenido de humedad y manteniendo su estado lo más exacto a como se extrajo. Una vez en el laboratorio se separó de cada muestra para sus respectivos ensayos,

los cuales fueron, granulometría e límites de atterberg, para luego realizar el proctor modificado y CBR, una vez desarrollado estos análisis se continuo con la elección de la muestra que presente el menor CBR el cual será al que se le aplicara los respectivos porcentajes de enzima líquida y material residual de hornos de cemento, con la intención de mejorar su resistencia. Por consiguiente, los resultados obtenidos, se llegará a realizar un análisis para precisar si las enzima líquida y material residual de hornos de cemento producen una mejor estabilización a la subrasante de suelos cohesivos y encontrar una dosificación adecuada.

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

A través de la investigación a realizarse se busca aplicar los procesos que ya están normados en nuestras leyes de ingeniería como por ejemplo las NTP y el ASTM, de este modo tendremos como propósito recoger toda la información que nos brinden los resultados de los ensayos y poder tener una gran cantidad de datos que nos permitan poder analizar y comprobar nuestra hipótesis, uno de los mecanismos que nos permitirá llevar un control de la información y al mismo tiempo nos brindara su mecanismo de realizar cálculos es el software Microsoft Excel, de este modo se tendrá cálculos exactos y precisos en la investigación.

### **3.7. Aspectos éticos**

La información recolectada y validada a través de los laboratorios certificados será legal y demostrable, los cuales pertenecen a mi persona por ser el autor intelectual de realizar esta investigación, toda la información recopilada en esta investigación ha sido citada adecuadamente para evitar cualquier tipo de uso inadecuado de información de otros investigadores, por lo tanto, se ha seguido unas determinadas pautas para el citado de acuerdo al sistema ISO 690.

## IV. RESULTADOS

### A. CARACTERÍSTICAS

#### EarthZyme

Aspecto: líquido de color lila

pH: aproximadamente 6

Clasificación: Tipo Enzimático

#### Polvo de horno de cemento

Aspecto: Color gris más o menos claro, arena o polvo muy fino suave al tacto

Peso específico: oscila entre 2,0 y 2,9 g/cm<sup>3</sup>.

Densidad: aproximadamente de 0,89 g/cm<sup>3</sup>

Tamaño: oscila entre 0,2 y 200 micras de diámetro

### B. DOSIFICACIÓN

Las dosificaciones aplicadas en el desarrollo de los ensayos del suelo de subrasante fue el siguiente.

**Tabla 4.** *Dosificaciones aplicadas*

Muestra	EarthZyme en relación al contenido de agua del suelo	Polvo de horno de cemento en relación al volumen del suelo
1	5 %	5 %
2	7.5 %	7.5 %
3	10 %	10 %
4	12.5 %	12.5 %
5	15 %	15 %

Fuente: elaboración propia

### C. RESULTADOS PARA MUESTRA NATURAL DEL SUELO

#### Clasificación de suelos

En esta primera parte el laboratorio realizara el ensayo de granulometría que nos brindara la fineza del suelo extraído en las calicatas correspondientes y que fueron trasladadas en las condiciones normadas y guiadas por el laboratorio.

**Tabla 5. Análisis Granulométrico**

TAMIZ	AASHTO T-27	PORCENTAJE QUE PASA	
	(mm)	C - 1	C - 2
1/4"	6.350	100.00	100.00
N° 4	4.750	98.27	98.19
N° 6	3.360	96.30	96.27
N° 8	2.360	94.44	94.21
N° 10	2.000	92.37	92.08
N° 16	1.180	89.62	89.44
N° 20	0.850	87.30	86.69
N° 30	0.600	84.88	83.91
N° 40	0.425	82.35	80.82
N° 50	0.300	79.05	77.67
N° 80	0.180	75.47	73.46
N° 100	0.150	72.30	69.24
N° 200	0.075	68.21	64.70

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5 se representa la granulometría.

**Tabla 6. Clasificación de suelos, límites de Atterberg y distribución Granulométrica**

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
Descripción	C - 1	C - 2
Clasificación SUCS (ASTM D2487)	CL	CL
Límite Líquido (LL)	31.09	32.03
Límite Plástico (LP)	18.43	18.56
Índice de Plasticidad (IP)	12.66	13.47
Grava (%)	2	2
Arena (%)	30	33
Finos (%)	68	65

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 6 están los resultados de los límites de Atterberg.

### Próctor Modificado para muestras naturales.

Determinar la variación en los resultados del ensayo Próctor Modificado para las diferentes dosificaciones del polvo de horno de cemento y EarthZyme empleadas en la calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay.

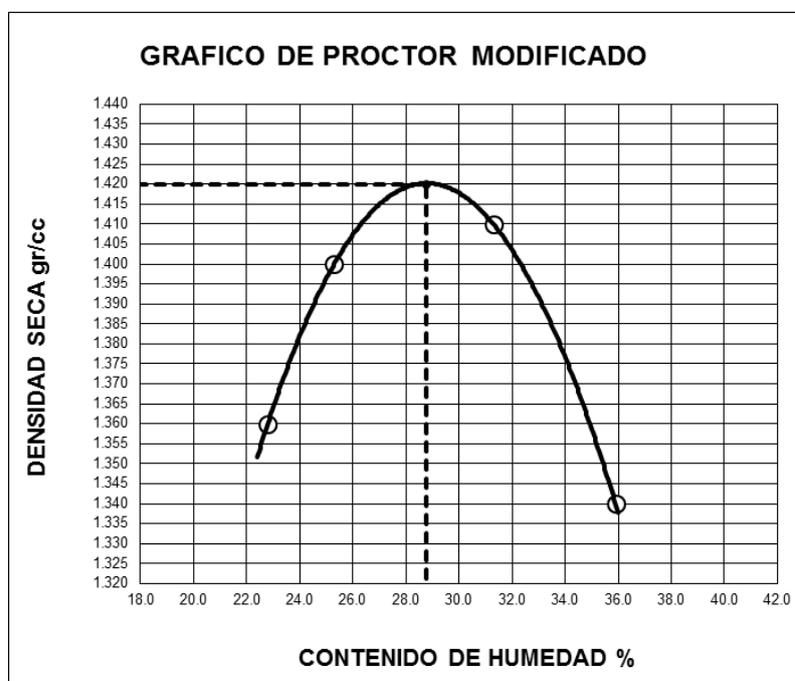
Se utilizó el ensayo Próctor modificado, con la finalidad de conseguir el óptimo contenido de humedad (OCH) necesario para hallar la máxima densidad seca (MDS) del suelo, las cuales se muestran en la tabla 7 para la muestra sin modificar como para la muestra con polvo de horno de cemento y EarthZyme dándonos los siguientes resultados.

**Tabla 7.** Datos Próctor Modificado C – 1 y C – 2

PROCTOR MODIFICADO	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	O.C.H. (%)
C - 1	1.42	28.81
C - 2	1.45	27.62

Fuente: elaboración propia

Se encontró que la MDS es la que pertenece a la muestra C – 2.



**Figura 4.** Proctor modificado Muestra (C – 1)

Fuente: elaboración propia

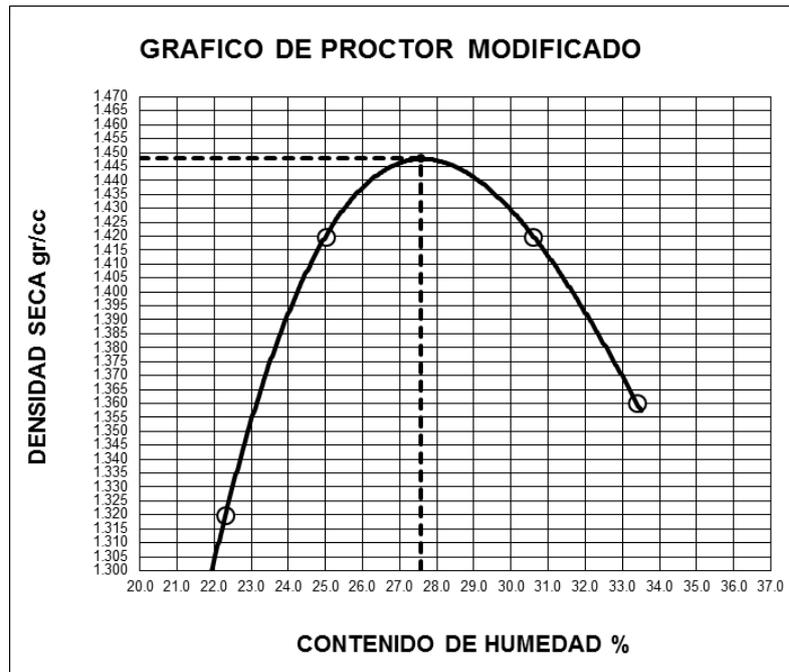


Figura 5. Proctor modificado Muestra (C – 2)

Fuente: elaboración propia

### California Bearing Ratio de suelo natural

Para este ensayo se tomó las muestras de ambas calicatas con sus respectivos Proctor con la finalidad de encontrar el CBR más perjudicial de ambos y luego intentar mejorarlo con el polvo de horno de cemento y EarthZyme.

Tabla 8. Ensayo CBR para la muestra (C – 1)

VALORES DEL CBR		
CBR AL 95 %	0.1"	= 8.87 %

Fuente: elaboración propia

Se observa en el cuadro N° 8 que el CBR alcanzado fue de 8.87 al 95 % con una 0.1" de penetración para las muestras de C – 1. De lo cual se eligió el suelo con menor CBR donde se intentará mejorarlo a través de la adición de Enzima líquida y material residual de hornos de cemento.

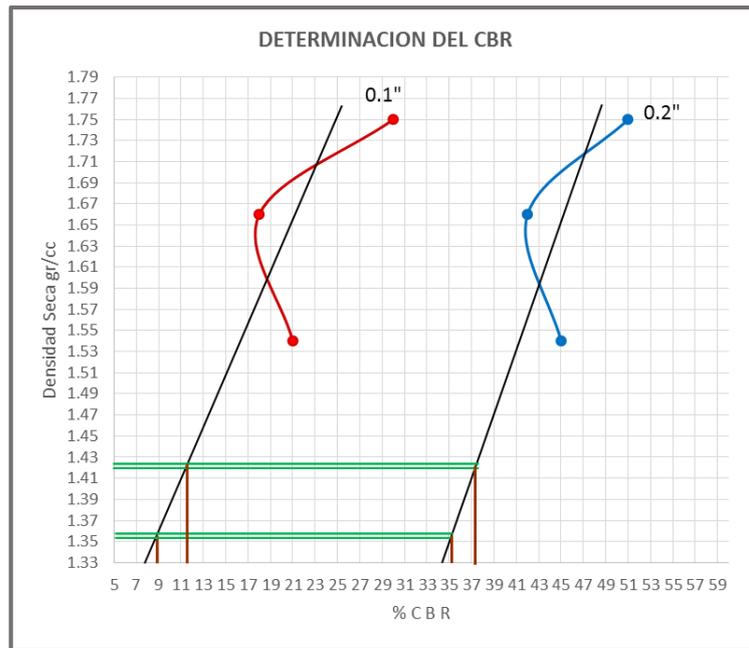


Figura 6. Ensayo CBR para la muestra (C – 1)

Fuente: elaboración propia

En las gráficas N° 6 se observa las curvas obtenidas con el equipo de aplicación de penetración CBR con lo cual se realiza la proyección de las gráficas y se interseca con las máximas densidades obtenidas en el ensayo Proctor modificado.

Tabla 9. Ensayo CBR para la muestra (C – 2)

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 %

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 9 se muestra que el CBR alcanzado al 100 % de penetración de 1'' es de 20.34 % y el CBR al 95 % de penetración de 1'' es de 18.34 %, siendo este el valor más importante que se tiene que utilizar en el diseño.

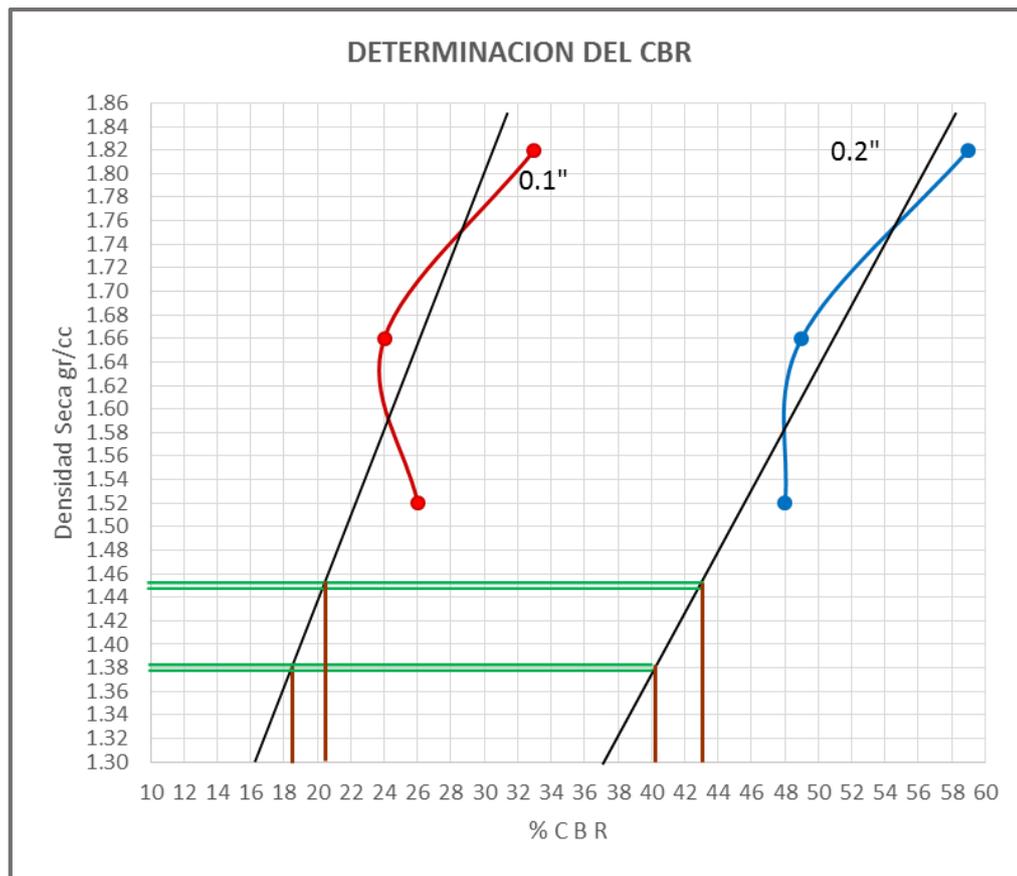


Figura 7. Ensayo CBR para la muestra (C – 2)

Fuente: elaboración propia

En las gráficas N° 6 se observa las curvas obtenidas con el equipo de aplicación de penetración CBR con lo cual se realiza la proyección de las gráficas y se intersecta con las máximas densidades obtenidas en el ensayo Proctor modificado.

Una vez conseguido los dos CBR de las muestras (C – 1) y (C – 2), se tomó como muestra de análisis a la muestra que tuvo el menor CBR para poder elaborar las respectivas adiciones de polvo de horno de cemento y EarthZyme. De este modo el menor CBR corresponde a la muestra (C – 1) que alcanzo un CBR de 8.87 %, a dicha muestra se le agregaron las respectivas adiciones de polvo de horno de cemento y EarthZyme.

#### **D. RESULTADOS PARA MUESTRA (C – 1) CON LA ADICIÓN DE ENZIMA LÍQUIDA Y MATERIAL RESIDUAL DE HORNO DE CEMENTO**

**Determinación del índice de plasticidad de la muestra (C – 1) con la adición de enzima líquida y material residual de hornos de cemento.**

**Tabla 10.** Índice de plasticidad de la muestra (C – 1) con adición de polvo de horno de cemento y EarthZyme

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

Fuente: elaboración propia

En la tabla 10 se puede observar los distintos índices de plasticidad alcanzado para cada una de la muestras con las diferentes dosificaciones de polvo de horno de cemento y EarthZyme, dándonos como resultados para la muestra C-1 con una adición de 5 % de polvo de horno de cemento y EarthZyme un índice de 23.94 %, en el caso de la muestra C-1 con una adición de 7.5 % de polvo de horno de cemento y EarthZyme un índice de 25.05 %, seguidamente para la muestra C-1 con una adición de 10 % de polvo de horno de cemento y EarthZyme un índice de 24.26 %, luego para la muestra C-1 con una adición de 12.5 % de polvo de horno de cemento y EarthZyme un índice de 26.42 % y por ultimo para la muestra C-1 con una adición de 15 % de polvo de horno de cemento y EarthZyme un índice de 26.76 %, finalmente se puede indicar que a mayor porcentaje de adición de polvo de horno de cemento y EarthZyme produce un aumento en el índices de plasticidad respecto al índice de plasticidad patrón que fue de 12.66 %.

**Determinación de los Proctor modificados de la muestra (C – 1) con la adición de enzima líquida y material residual de hornos de cemento.**

Se procedió a realizar 5 Proctor modificados de la muestra (c – 1) con la adición de 5 %, 7.5 %, 10 %, 12.5 % y 15 % de polvo de horno de cemento y EarthZyme.

**Tabla 11.** Proctor Modificado (C – 1) con adición de polvo de horno de cemento y EarthZyme.

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

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla N° 11 se obtuvo para la muestra con adición de 12.5 % de polvo de horno de cemento y EarthZyme una máxima densidad seca de 1.50 g/cm<sup>3</sup> y con ello un óptimo contenido de humedad de 23.09 %, se puede mencionar que la menor MDS para el Proctor modificado en la muestra que tiene una adición de 5 % de polvo de horno de cemento y EarthZyme una máxima densidad seca de 1.42 g/cm<sup>3</sup> y con ello un óptimo contenido de humedad de 28.75 %.

#### **Determinación de california bearing ratio (CBR) de la muestra (C – 1) con la adición de polvo de horno de cemento y EarthZyme.**

Para este ensayo se tomó la muestra (C – 1) con las adiciones 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.** Resultados del ensayo CBR para la muestra (C – 1) con la adición de Enzima líquida y material residual de hornos de cemento.

Muestra	CBR AL 95 % de 1''
C-1 + 5 % Polvo de horno de cemento y EarthZyme.	41.76
C-1 + 7.5 % Polvo de horno de cemento y EarthZyme.	43.41
C-1 + 10 % Polvo de horno de cemento y EarthZyme.	43.45
C-1 + 12.5 % Polvo de horno de cemento y EarthZyme.	47.86
C-1 + 15 % Polvo de horno de cemento y EarthZyme.	47.81

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 12 se muestra que el CBR para la muestra (M – 1) + 5 % de Polvo de horno de cemento y EarthZyme alcanza al 95 % de penetración de 1'' un índice de 41.76 %. Para el CBR para la muestra (M – 1) + 7.5 % de Polvo de horno de cemento y EarthZyme alcanza al 95 % de penetración de 1'' un índice de 43.41 %. Para el CBR para la muestra (M – 1) + 10 % de Polvo de horno de cemento y EarthZyme alcanza al 95 % de penetración de 1'' un índice de 43.45 %. Para el CBR para la muestra (M – 1) + 12.5 % de Polvo de horno de cemento y EarthZyme alcanza al 95 % de penetración de 1'' un índice de 47.86 %. Para el CBR para la muestra (M – 1) + 15 % de Polvo de horno de cemento y EarthZyme alcanza al 95 % de penetración de 1'' un índice de 47.81 %, de este modo son los índices los cuales son los más importantes que se tiene que utilizar en el diseño.

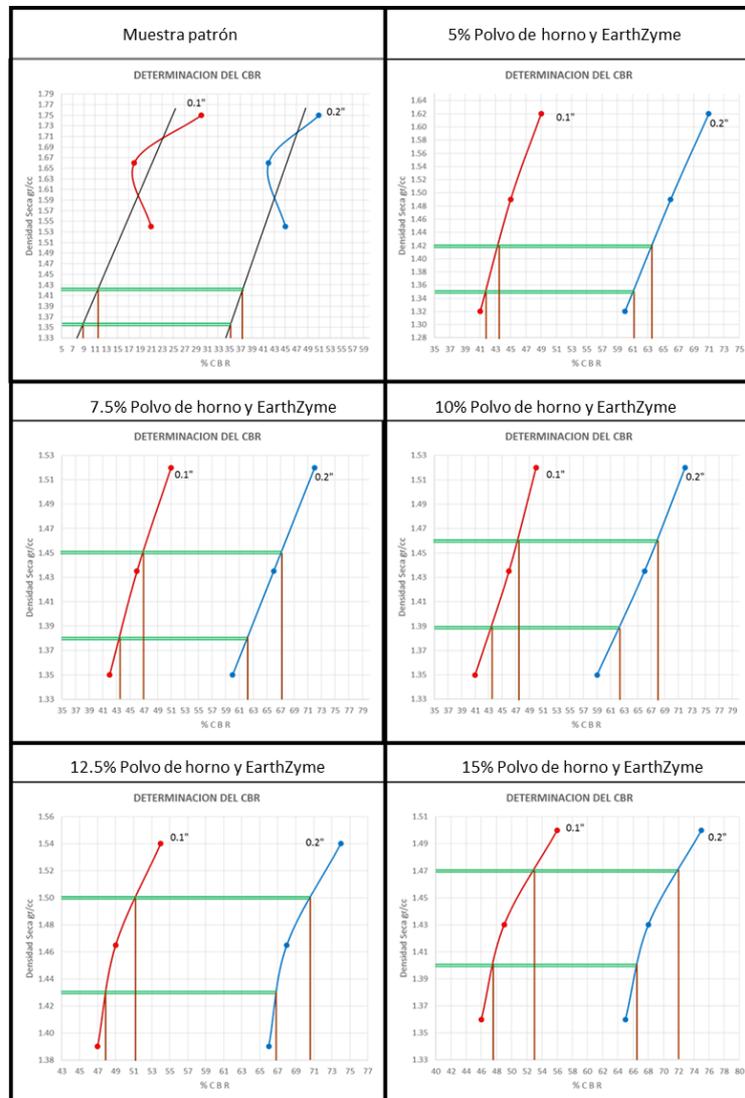


Figura 8. Ensayo CBR (C – 1) + de polvo de horno de cemento y EarthZyme

Fuente: elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

Se planteó como objetivo general evaluar la estabilización de la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima. Según Angulo y Rojas (2016), los suelos cohesivos, polvorientos o suelos granulares son aquellos cuya dimensión es mayor a  $20\mu\text{m}$  según la Sociedad Internacional de Suelos. El comportamiento de los suelos cohesivos Según la norma internacional, los suelos cohesivos o suelos finos son aquellos cuya dimensión es menor a  $20\mu\text{m}$  según la Sociedad Internacional de Suelos. Aunque influyen las dimensiones de los granos del esqueleto, el comportamiento de un suelo fino está en función de: Y su estructura, es decir la forma en que las partículas están dispuestas y orientadas unas con respecto a otras. En la actual investigación los principales hallazgos realizados en relación a la plasticidad, máxima densidad seca y CBR de los suelos cohesivos en el distrito de Chancay, Lima, se puede indicar que tanto las enzima líquida y material residual de hornos de cemento mejorarán las propiedades mecánicas en suelos cohesivos, ya que incremento el índice de plasticidad del suelo, se requiere una cantidad menor de humedad con el fin de lograr su compactación pulcra y produce un acrecentamiento formidable en el CBR del suelos cohesivos, de este modo se consiguió evidenciar por medio de las pruebas del recinto la condiciones con las cuantificaciones detalladas en las pautas peruanas que las enzima líquida y material residual de hornos de cemento permiten la mejora de las propiedades mecánicas en suelos cohesivos en el distrito de Chancay, Lima. Se halló en la parte discusiones que la aplicación de enzima líquida y material residual de hornos de cemento, proponen que el suelo cohesivo optimice en sus participaciones mecánicas y con ello en el momento que se efectúe la añadidura de enzima líquida y material residual de hornos de cemento obtendrá un adecuado sostén como asiento al emplear en conjunto ambos especímenes de naturalezas entre sus dispositivos. La investigación explica que tanto las enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento son expectativas con una gran confiabilidad debido a que se efectuaron las pruebas en laboratorios certificados. Los resultados de las indagaciones de Amjad (2017) logro comprobar que la aplicación de estabilizador de suelos no tóxico EarthZyme mejoro las propiedades mecánicas del suelo, del mismo modo la investigación de Fernández (2017) logro

comprobar que la adición del aditivo terrazyme contribulle en la mejoría del suelo arcilloso y finalmente la investigación de Mekonnen Eshetu [et al.] (2020) donde sus resultados mostraron que la incorporación de bioenzimas en las técnicas de estabilización del suelo permitió que el CBR aumente. Dado a esto se puede tener en consideración y otras cosas más que la adición de enzima líquida y material residual de hornos de cemento permite una mejora en las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos de forma significativa en el distrito de Chancay, Lima.

Se planteó como objetivo específico determinar la contribución del polvo de horno de cemento y EarthZyme en la plasticidad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima. Según López y Torbisco (2021), el índice de plasticidad (PI) se calcula como la diferencia numérica entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (PL);  $PI = LL - PL$ . Estos tres parámetros en conjunto son los límites de Atterberg (ASTM2010). El límite líquido y el índice de plasticidad son los ejes del gráfico de plasticidad, que se utiliza en ingeniería para clasificar los suelos de grano fino, que se definen como suelos con un 50 % o más que pasa el tamiz #200 (ASTM2011). El tamiz #200 tiene 200 aberturas por pulgada, o 200 aberturas por 25,4 mm, con aberturas de 0,074 mm (ASTM2009). Las partículas que pasan a través de un tamiz #200 se clasifican como de grano fino (limo, arcilla) y generalmente se las denomina "finas", mientras que las partículas que se retienen en un tamiz #200 se clasifican como de grano grueso (arena, grava, adoquines, cantos rodados). En la actual investigación los principales hallazgos realizados en relación a la plasticidad de suelos cohesivos en el distrito de Chancay, Lima, con y sin la adición de enzima líquida y material residual de hornos de cemento, concurren en que el índice de plasticidad acrecienta inclusive hasta un 26.76 % para un 15 % de adición de enzima líquida y material residual de hornos de cemento cuando anteriormente la muestra patrón era de 12.66 %, mientras que para un índice de plasticidad similar se logra con la adición de 12.5 % de enzima líquida y material residual de hornos de cemento obteniendo un índice de plasticidad de 26.42 %, por otro lado también se pudo encontrar entre los resultados que para la adición de 5 %, 7.5 % y 10 %, también presenta aumento en la adición de enzima líquida y material residual de hornos de cemento siendo estas 23.94 %, 25.05 % y 24.26 % de índice de plasticidad respectivamente. Esto nos permite identificar que la adición de enzima líquida y

material residual de hornos de cemento mejoran el índice de plasticidad de suelos cohesivos en el distrito de Chancay, Lima, de tal forma la exploración se instala tal cual opción social y científica en este medio. Los hallazgos de las exploraciones de Amjad (2017) donde en sus hallazgos indican que la utilización de estabilizador de suelos no tóxico EarthZyme, contuvo el acrecentamiento de profanación y condescendió jurisdicción hallar progreso en la estabilización del suelo descompuesto. Este perfeccionamiento se logró descubrir por medio de las pruebas de Límite de Atterber, estos a su vez consiguieron hallazgos en el acrecentamiento de índice de plasticidad de 25.48 % a 28.84 %. Del mismo modo la investigación de Abdulkareem, Eyada y Mahmood (2021) menciona que el índice de plasticidad aumenta de 16 % hasta 35.24 % al adicionar 10% de polvo de horno de cemento. Dado a esto se puede tener en consideración y otras cosas más que la adición de enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento permiten una mejora en la plasticidad de suelos cohesivos de forma significativa en el distrito de Chancay, Lima.

Se planteó como objetivo específico determinar la incidencia del polvo de horno de cemento y EarthZyme en el óptimo contenido de humedad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima. Según Barrantes (2016), la compactación del suelo se refiere a que el suelo normalmente está formado por un 50% de cavidades (poros gruesos, medianos y finos), por las que circulan agua y aire y que albergan miles de millones de organismos vivos (bacterias, algas, nematodos, insectos, lombrices, etc.). Los trabajos agrícolas, forestales o de movimiento de tierras realizados en condiciones de excesiva humedad o con maquinaria inadecuada pueden provocar una compactación persistente del suelo: sus poros se comprimen, lo que daña su estructura. El suelo compactado tiene una menor capacidad de retención de agua. En lugar de infiltrarse en profundidad, la precipitación se escurre por la superficie, promoviendo así la erosión del suelo y las inundaciones. Además, se perturba la vida del suelo y el desarrollo de las plantas. En esta indagación los más importantes hallazgos elaborados en proporción al óptimo contenido de humedad de suelos cohesivos en el distrito de Chancay, Lima con y sin la adición de enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento, se logró demostrar que para poder llegar a su máxima densidad seca de suelos cohesivos que fue de 1.50 g/cm<sup>3</sup> se presentó

al incorporar un 12.5 % de enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento con el óptimo contenido de humedad disminuido hasta un 23.09 % de este modo las enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento ayudaron a disminuir el óptimo contenido de humedad asegurando la máxima densidad seca en los suelos cohesivos en el distrito de Chancay, Lima. Esto implica que las enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento, permiten aumentar su máxima densidad seca y conseguir una mejor compactación de suelos cohesivos en el distrito de Chancay, Lima, disminuyendo óptimo contenido de humedad para alcanzar una buena compactación por este motivo la investigación se coloca como una alternativa debido a que en la zona tiene un clima variado y húmedo al cual los suelos se encuentran expuestos. Los resultados de las investigaciones de Fernández (2017) donde en sus resultados menciona que la adición del aditivo terrazyme en 12 % permitió conseguir un aumento de su máxima densidad seca hasta llegar a 1.97 g/cm<sup>3</sup>, de esta manera permitió la filtración de agua produciendo que la compactación se consiguiera con un menor contenido de humedad de 16 % a comparación de su muestra patrón inicial. Dado a esto se puede tener en consideración y otras cosas más que la adición de enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento permiten una mejora en la máxima densidad seca de suelos cohesivos de forma significativa en el distrito de Chancay, Lima.

Se planteó como objetivo específico determinar la resistencia de la subrasante con las dosificaciones de polvo de horno de cemento y EarthZyme en el distrito de Chancay, Lima. Según Gavilanes (2015), los resultados de las pruebas de CBR se pueden recopilar in situ o dentro de los laboratorios de suelo acreditados utilizando muestras de los suelos naturales de la subrasante para garantizar que el espesor de la capa superior y/o los materiales de la subbase sean correctos y que la subrasante subyacente pueda soportar las cargas requeridas. Las pruebas de CBR y el muestreo asociado se repetirán en varios lugares a lo largo de las carreteras propuestas o áreas de estacionamiento de automóviles a intervalos regulares para determinar un valor de CBR representativo. El CBR o módulo de rigidez (Ms) a largo plazo de los suelos de subrasante en índices de succión de equilibrio (ESI) debe realizarse en el laboratorio. En la actual investigación los principales hallazgos realizados en relación al CBR de suelos cohesivos en el distrito de Chancay, Lima

con y sin la adición de enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento, se encontraron que al incorporarle 12.5% enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento, el CBR aumentó hasta 47.86 %, estando inicialmente antes de aplicar las enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento en un CBR de 8.87% con lo cual se puede demostrar que el uso de enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento mejora el índice de CBR del suelos cohesivos en el distrito de Chancay, Lima. Esto permite que el suelo mejore aumentando su capacidad de soporte y aumentando su resistencia a carga, de este modo la adición de enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento son una alternativa confiable para mejorar el CBR de suelos cohesivos, también se puede notar en los resultados que las enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento muestran un mayor incremento en el CBR en las adiciones de 5 %, 7.5 % y 10 %, pero en el caso de la adición de 15 % de enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento tiene un alcance muy cercano al de 12.5 % logrando conseguir un CBR de 47.81 %. Los resultados de las investigaciones de Mekonnen Eshetu [et al.] (2020) donde sus resultados mostraron que la incorporación de bioenzimas en las técnicas de estabilización del suelo permitió que el CBR aumente hasta un índice de 47 % lo cual indico que tuvo un aumento del 90 % en relación a su CBR inicial. Dado a esto se puede tener en consideración y otras cosas más que la adición de enzimas líquidas y material residual de hornos de cemento permiten una mejora en la CBR de suelos cohesivos de forma significativa en el distrito de Chancay, Lima. Dado a esto se puede tener en consideración y otras cosas más que la adición de polvo de horno de cemento y EarthZyme permiten una mejora en la CBR de la subrasante de forma significativa en el distrito de Chancay, Lima.

## VI. CONCLUSIONES:

1. Se concluyó en esta investigación que se logró identificar las características del polvo de horno de cemento y EarthZyme, dichas características ayudaron en la aplicación sencilla de estos insumos y su fácil medición.
2. Se concluyó en esta investigación que se logró interpretar las dosificaciones del polvo de horno de cemento y EarthZyme, de tal forma que el EarthZyme tienen que ser aplicadas en reemplazo del contenido de humedad del suelo y el polvo de horno de cemento tiene que ser aplicado en reemplazo del peso unitario seco.
3. Se logró la estabilización de la subrasante con la adición de polvo de horno de cemento y EarthZyme, 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 %.
4. Se concluyó en esta investigación que se logró determinar la máxima densidad seca de la subrasante con la adición de polvo de horno de cemento y EarthZyme, de tal forma que al aplicar polvo de horno de cemento y EarthZyme en 12.5 % en la subrasante, 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>.
5. Se concluyó en esta investigación que se logró calcular la resistencia de la subrasante con la dosificación de polvo de horno de cemento y EarthZyme, de tal forma que al incorporarle el uso de polvo de horno de cemento y EarthZyme 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 de la subrasante.

## **VII. RECOMENDACIONES:**

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.

Se aconseja efectuar una igualación de polvo de horno de cemento y EarthZyme con otros tipos de agregados, haciendo los mismos ensayos con el fin de poder elegir la opción más adecuada.

Averiguar en otras investigaciones acerca del polvo de horno de cemento y EarthZyme para la estabilización de una carretera no pavimentada, así mismo también poder complementar los estudios del polvo de horno de cemento y EarthZyme de la influencia en la estabilización de la subrasante con otros ensayos tales como: Compresión simple o Tracción Indirecta.

Se recomienda buscar otros tipos de agregados los cuales puedan ayudar al polvo de horno de cemento y EarthZyme a buscar una mejoría mucho mayor a las que arrojamos en esta investigación, de este modo se puede conseguir una mayor mejoría en relación a conseguir una mejor fundación como es la subrasante del pavimento.

Finalmente se recomienda realizar una evaluación in situ, una vez terminada la construcción del suelo estabilizado para así poder comprobar los datos obtenidos en el laboratorio.

## 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 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

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable Independiente (X)</b> polvo de horno de cemento y EarthZyme	Según Fernández (2017) EarthZyme es un estabilizador de suelos no tóxico que se ha utilizado con suelos cohesivos 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 Clinker.	El polvo de horno de cemento y EarthZyme se identificarán según sus características y se aplicarán en relación a los porcentajes de su dosificación, donde el EarthZyme reemplazará un porcentaje del contenido de humedad y el polvo de horno de cemento al peso seco del suelo de muestra.	Características	Aspecto pH Clasificación Peso específico Densidad Tamaño	Razón
			Dosificación de polvo de horno de cemento y EarthZyme.	5%, 7.5%, 10%, 12.5% y 15%	Razón
<b>Variable Dependiente (Y)</b> Estabilización de la subrasante	Según Rondón (2015) El suelo es el material superficial suelto que cubre la mayor parte de la tierra. Se compone de partículas inorgánicas y materia orgánica. El suelo proporciona el soporte estructural a las plantas utilizadas en la agricultura y también es su fuente de agua y nutrientes. Los suelos varían mucho en sus propiedades químicas y físicas.	La estabilización de la subrasante 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
			Óptimo contenido de humedad	Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Razón
			Resistencia	California Bearing Ratio (%)	Razón

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2: Matriz de consistencia

**TÍTULO:** Estabilización de la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable Independiente (X): Polvo de horno de cemento y EarthZyme	Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspecto</li> <li>• pH</li> <li>• Clasificación</li> <li>• Densidad</li> <li>• Tamaño</li> </ul>	Ficha técnica NTP 334.136
¿Cómo estabilizar la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022?	Evaluar la estabilización de la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022.	Se logra estabilizar la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022.		Dosificación de Enzima líquida y material residual de hornos de cemento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5%</li> <li>• 7.5%</li> <li>• 10%</li> <li>• 12.5%</li> <li>• 15%</li> </ul>	Balanza digital con precisión de 0,01g.
Problemas Específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis específicas:	Variable Dependiente (Y): Estabilización de la subrasante	Plasticidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de plasticidad (%)</li> </ul>	Límite de Atterber ASTM D-2216, MTC E 110 – 2000 / MTC E 111-2000
¿De qué manera contribuyen el polvo de horno de cemento y EarthZyme en la plasticidad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima?	Determinar la contribución del polvo de horno de cemento y EarthZyme en la plasticidad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima.	El polvo de horno de cemento y EarthZyme mejoran la plasticidad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima.				
¿Cuál es la incidencia del polvo de horno de cemento y EarthZyme en el óptimo contenido de humedad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima?	Determinar la incidencia del polvo de horno de cemento y EarthZyme en el óptimo contenido de humedad de la subrasante del distrito de Chancay, Lima.	El polvo de horno de cemento y EarthZyme inciden favorablemente en la máxima densidad seca de la subrasante del distrito de Chancay, Lima.		Óptimo contenido de humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>)</li> </ul>	Proctor modificado ASTM D-3282, MTC E 115 – 2000
¿Cómo varía la resistencia de la subrasante con la dosificación de polvo de horno de cemento y EarthZyme en el distrito de Chancay, Lima?	Determinar la resistencia de la subrasante con las dosificaciones de polvo de horno de cemento y EarthZyme en el distrito de Chancay, Lima.	La dosificación del polvo de horno de cemento y EarthZyme varían considerablemente la resistencia de la subrasante del distrito de Chancay, Lima.		Resistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• California Bearing Ratio (%)</li> </ul>	California Bearing Ratio ASTM D-1557 y MTC E-132-2000

**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° 000121-2022-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto      **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**DIRECCIÓN** : Ate, Lima      **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 1      **FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022      **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

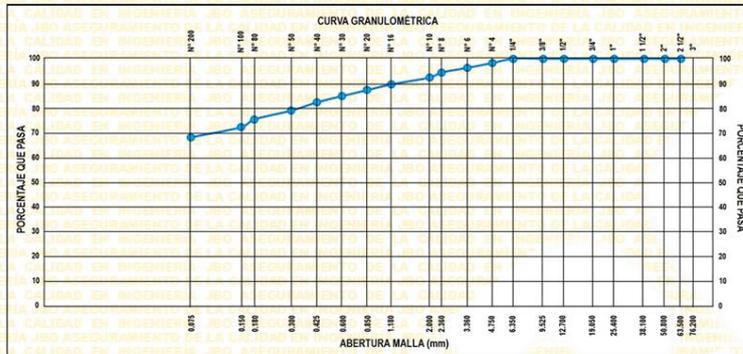
### MÉTODO DE ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO POR TAMIZADO (ASTM D 422-63 - 2002)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200	0.00	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	1.73	1.73	98.27
N° 6	3.360	1.97	3.70	96.30
N° 8	2.360	1.86	5.56	94.44
N° 10	2.000	2.07	7.63	92.37
N° 16	1.180	2.75	10.38	89.62
N° 20	0.850	2.32	12.70	87.30
N° 30	0.600	2.42	15.12	84.88
N° 40	0.425	2.53	17.65	82.35
N° 50	0.300	3.30	20.95	79.05
N° 60	0.250	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.



Tec. E

Rev.: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 03 de mayo del 2022  
 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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

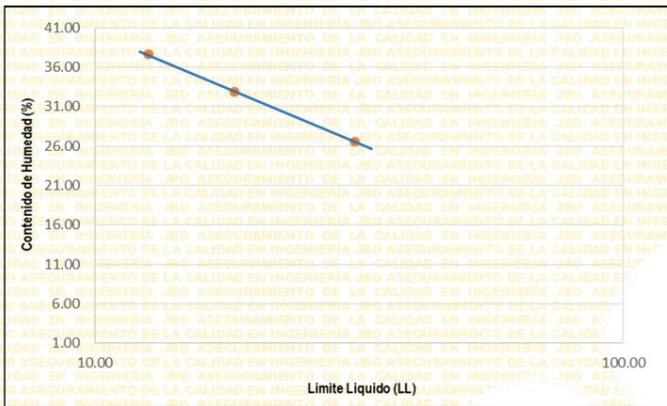
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 1

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022 **FECHA DE INICIO** : 30 de abril 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)	65.70	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 Liquido (LL)		Limite Plástico (LP)			Índice de Plasticidad (IP)		SUCS			
31.09		18.43			12.66		CL			



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4316-17e1 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, 03 de mayo del 2022

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

*Marcó Antonio Moreno Flores*  
**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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto      **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**DIRECCIÓN** : Ate. Lima      **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 2

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022      **FECHA DE INICIO** : 30 de abril 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	1.81	1.81	98.19
N° 6	3.360	1.92	3.73	96.27
N° 8	2.360	2.06	5.79	94.21
N° 10	2.000	2.13	7.92	92.08
N° 16	1.180	2.64	10.56	89.44
N° 20	0.850	2.75	13.31	86.69
N° 30	0.600	2.78	16.09	83.91
N° 40	0.425	3.09	19.18	80.82
N° 50	0.300	3.15	22.33	77.67
N° 80	0.180	4.21	26.54	73.46
N° 100	0.150	4.22	30.76	69.24
N° 200	0.075	4.54	35.30	64.70
-200	ASTM D 1140-00	64.70	100.00	0.00

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
Limite 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>33</b>	%
Fino (Pas. N° 200)	:	<b>65</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 - 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.
  - 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, 03 de mayo del 2022

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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

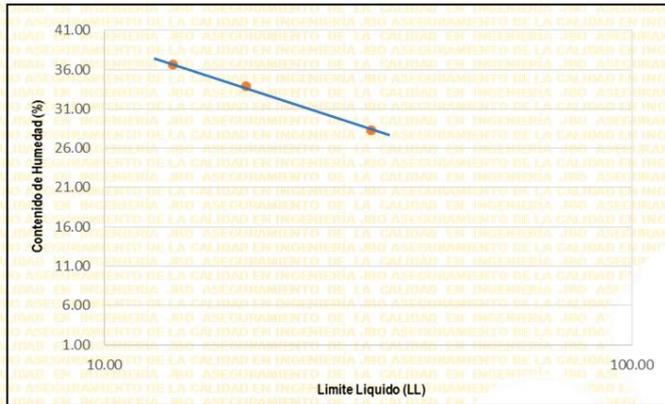
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 2

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022 **FECHA DE INICIO** : 30 de abril 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)	32.03					18.56				
Limite Plástico (LP)						13.47				
Índice de Plasticidad (IP)						CL				



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4316-17e1 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, 03 de mayo 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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

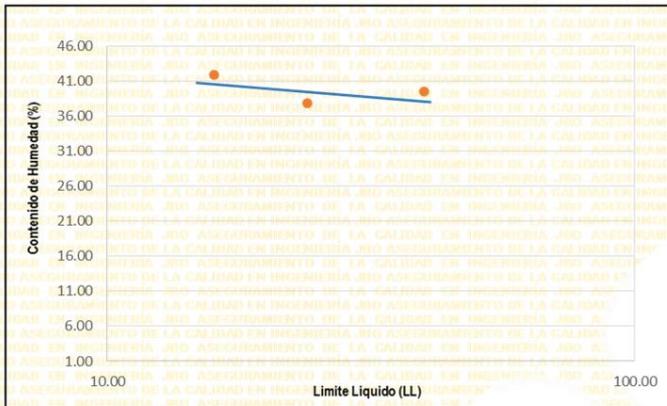
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C - 1 + 5% polvo de hormo y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022 **FECHA DE INICIO** : 30 de abril 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)		Limite Plástico (LP)			Índice de Plasticidad (IP)		SUCS			
39.89		15.95			23.94		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, 03 de mayo 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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

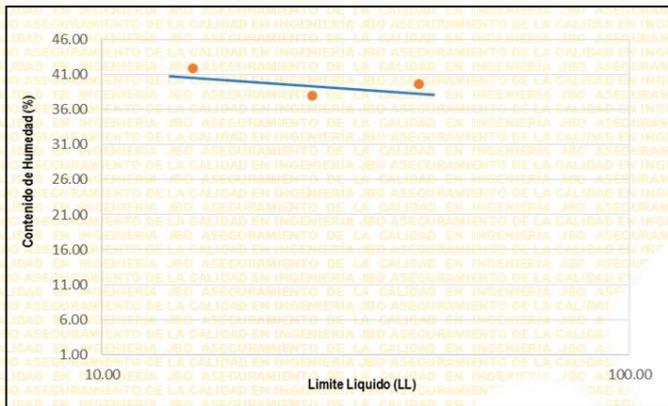
**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C - 1 + 7.5% polvo de hormo y EarthZyme **FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022 **FECHA DE INICIO** : 30 de abril 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 Líquido (LL)		Limite Plástico (LP)					Índice de Plasticidad (IP)					SUCS
39.96		14.91					25.05					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, 03 de mayo del 2022

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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de homo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

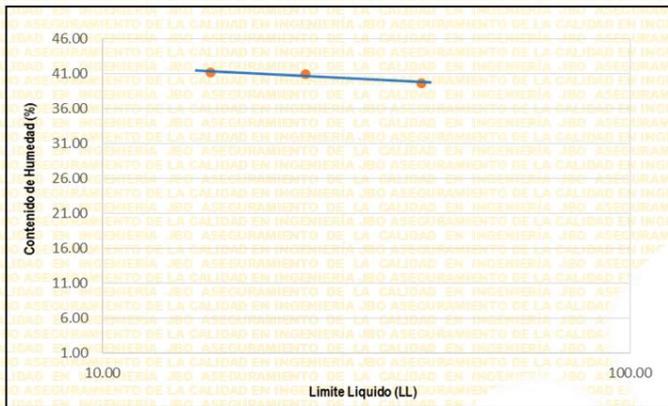
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C - 1 + 10% polvo de homo y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022 **FECHA DE INICIO** : 30 de abril 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 Líquido (LL)		Limite Plástico (LP)					Índice de Plasticidad (IP)					SUCS	
40.32		16.06					24.26					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, 03 de mayo del 2022

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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

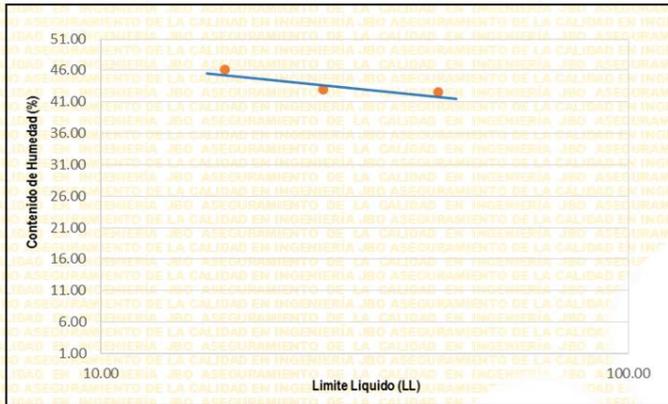
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C – 1 + 12.5% polvo de hormo y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022 **FECHA DE INICIO** : 30 de abril 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 Líquido (LL)		Limite Plástico (LP)					Índice de Plasticidad (IP)					SUCS
43.67		17.25					26.42					CL



- REFERENCIA:**
- ASTM D 4316-17e1 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, 03 de mayo 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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicña Tenorio, Jorge Alberto **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

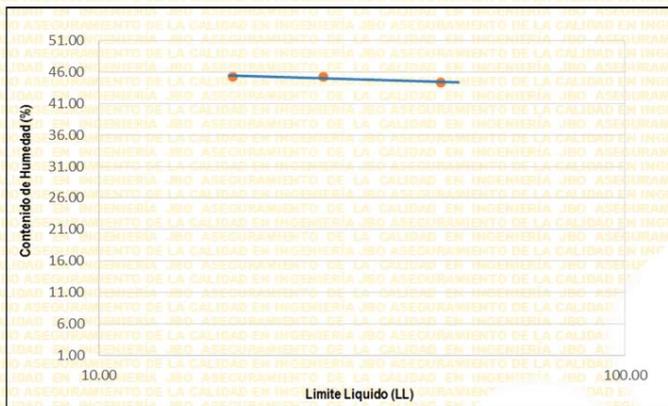
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C - 1 + 15% polvo de hormo y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022 **FECHA DE INICIO** : 30 de abril 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	22.59			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								
Límite Líquido (LL)		Límite Plástico (LP)			Índice de Plasticidad (IP)		SUCS				
44.79		18.03			26.76		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, 03 de mayo 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° 000121-2022-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Quicáño Tenorio, Jorge Alberto      **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de homo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

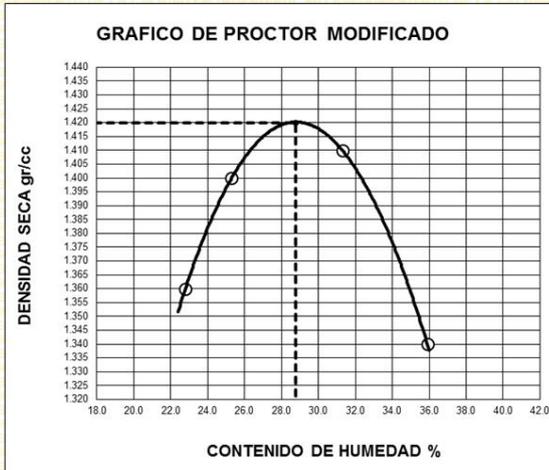
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima      **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay.

**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 1

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022      **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

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

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
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	
DETERMINACIÓN 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/cm3	Conten. humedad óptima	28.81	%
--------------------	------	--------	------------------------	-------	---

- REFERENCIA:**
- ASTM D 1557-12e1 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.

Tec. E.E.A

Fecha de emisión: Lima, 03 de mayo del 2022

v. 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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto      **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima - 2022

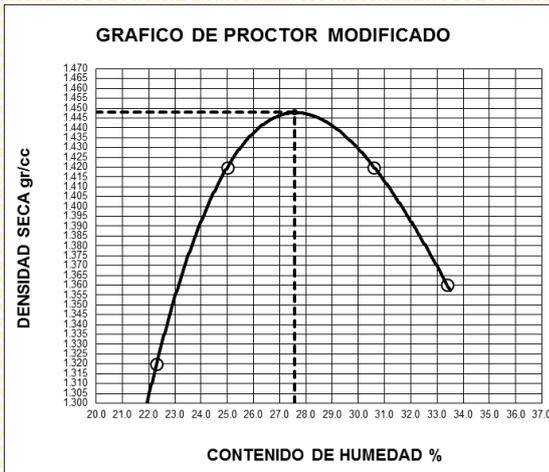
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima      **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay.

**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 2

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022      **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

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

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
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	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
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	



Max. densidad seca	1.45 gr/cm <sup>3</sup>	Conten. humedad óptima	27.62 %
--------------------	-------------------------	------------------------	---------

- 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.

Tec: E.E.A

Rev: M.M.F

Fecha de emisión: Lima, 03 de mayo del 2022

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

*(Signature)*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 178318



**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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto      **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de homo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

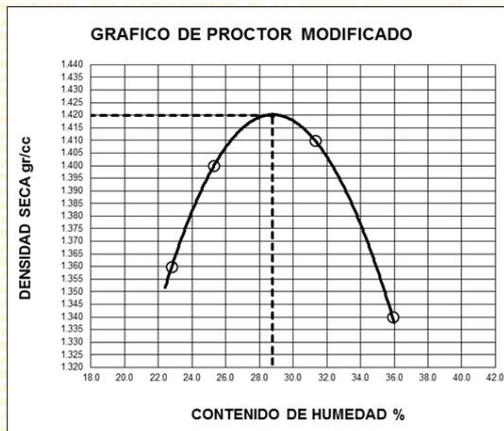
**DIRECCIÓN** : Ate. Lima      **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C – 1 + 5% polvo de homo y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022      **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO - MUESTRA + 5 % POLVO DE HORNOS DE CEMENTO Y EARTHZYME (ASTM D 1557)**

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
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	
DETERMINACIÓN 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	Conten. humedad óptima
<b>1.42</b> <b>gr/cm3</b>	<b>28.75</b> <b>%</b>

- REFERENCIA:**
- ASTM D 1557-12e1 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



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

Fecha de emisión: Lima, 03 de mayo del 2022

v. 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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto      **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

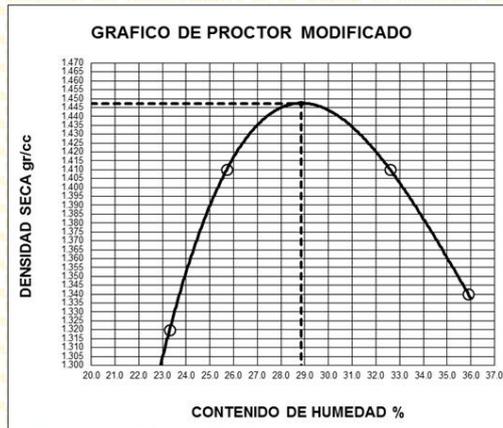
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima      **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C – 1 + 7.5% polvo de hormo y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022      **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO - MUESTRA + 7.5 % POLVO DE HORNOS DE CEMENTO Y EARTHZYME (ASTM D 1557)**

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,045	10,154	9,810	10,115	
PESO MOLDE	6,188	6,192	6,365	6,354	
PESO SUELO COMPACTADO	3,857	3,962	3,446	3,760	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,119	2,119	2,119	2,119	
DENSIDAD HUMEDA	1.82	1.87	1.63	1.77	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	52.86	72.07	69.57	57.09	
SUELO SECO + RECIPIENTE	45.79	60.61	61.39	50.95	
PESO RECIPIENTE	26.08	25.43	26.21	27.07	
PESO DE AGUA	7.07	11.46	8.18	6.14	
PESO DE SUELO SECO	19.71	35.18	35.18	23.88	
CONTENIDO DE HUMEDAD	35.90	32.60	23.30	25.70	
DENSIDAD SECA	1.34	1.41	1.32	1.41	



<b>Max. densidad seca</b>	<b>Conten. humedad óptima</b>
<b>1.45 gr/cm3</b>	<b>28.86 %</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



Rev. M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 03 de mayo del 2022  
 El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

*(Firma)*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

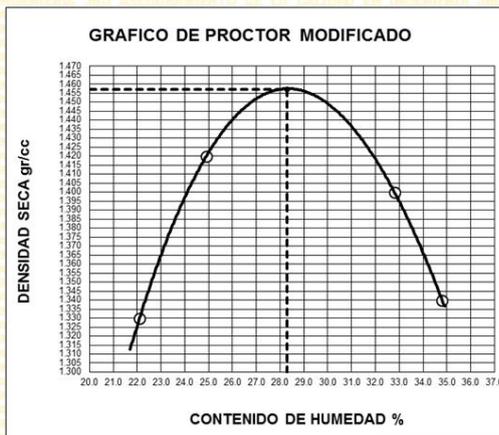
**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto      **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**DIRECCIÓN** : Ate, Lima      **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C – 1 + 10% polvo de hormo y EarthZyme      **FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022      **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO - MUESTRA + 10 % POLVO DE HORNO DE CEMENTO Y EARTHZYME (ASTM D 1557)**

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,024	10,133	9,789	10,094	
PESO MOLDE	6,182	6,186	6,359	6,348	
PESO SUELO COMPACTADO	3,842	3,947	3,431	3,745	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,118	2,118	2,118	2,118	
DENSIDAD HUMEDA	1,81	1,86	1,62	1,77	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	52,80	72,07	69,83	57,44	
SUELO SECO + RECIPIENTE	46,1	61,13	61,84	51,34	
PESO RECIPIENTE	26,86	27,73	25,65	26,86	
PESO DE AGUA	6,70	10,94	7,99	6,10	
PESO DE SUELO SECO	19,24	33,40	36,19	24,48	
CONTENIDO DE HUMEDAD	34,80	32,80	22,10	24,90	
DENSIDAD SECA	1,34	1,40	1,33	1,42	



Max. densidad seca	Conten. humedad óptima
<b>1.46 gr/cm3</b>	<b>28.28 %</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.



Tec. Ing. J. Quicaño Tenorio

Fecha de emisión : Lima, 03 de mayo 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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto      **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

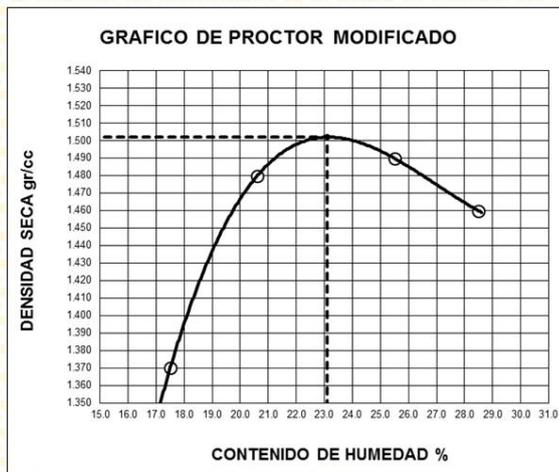
**DIRECCION** : Ate. Lima      **UBICACION** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C – 1 + 12.5% polvo de hormo y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCION** : 29 de abril del 2022      **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO - MUESTRA + 12.5 % POLVO DE HORNOS DE CEMENTO Y EARTHZYME (ASTM D 1557)**

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,224	10,427	10,415	9,874	
PESO MOLDE	6,450	6,450	6,450	6,450	
PESO SUELO COMPACTADO	3,774	3,978	3,965	3,424	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,125	2,125	2,125	2,125	
DENSIDAD HUMEDA	1,78	1,87	1,87	1,61	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	57,21	59,55	75,02	54,96	
SUELO SECO + RECIPIENTE	52,23	53,35	64,86	51,29	
PESO RECIPIENTE	28,09	29,02	29,26	30,32	
PESO DE AGUA	4,98	6,20	10,16	3,67	
PESO DE SUELO SECO	24,14	24,33	35,60	20,97	
CONTENIDO DE HUMEDAD	20,60	25,50	28,50	17,50	
DENSIDAD SECA	1,48	1,49	1,46	1,37	



Max. densidad seca	Conten. humedad óptima
<b>1.50 gr/cm3</b>	<b>23.09 %</b>

- REFERENCIA:**
- ASTM D 1557-12e1 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.

Tec: E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 03 de mayo del 2022

Rev: M.M.F.

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



*(Signature)*  
**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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto      **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

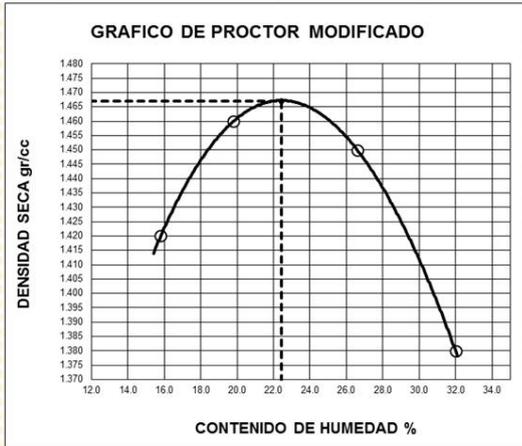
**DIRECCIÓN** : Ate, Lima      **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C – 1 + 15% polvo de hormo y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022      **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO - MUESTRA + 15 % POLVO DE HORNOS DE CEMENTO Y EARTHZYME (ASTM D 1557)**

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	10,084	10,198	9,713	9,883	
PESO MOLDE	6,236	6,391	6,260	6,236	
PESO SUELO COMPACTADO	3,848	3,806	3,452	3,647	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,086	2,086	2,086	2,086	
DENSIDAD HUMEDA	1.84	1.82	1.65	1.75	
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	54.47	58.14	63.04	64.30	
SUELO SECO + RECIPIENTE	48.91	51.04	58.1	58.29	
PESO RECIPIENTE	28.01	28.88	26.8	28.01	
PESO DE AGUA	5.56	7.10	4.94	6.01	
PESO DE SUELO SECO	20.90	22.16	31.30	30.28	
CONTENIDO DE HUMEDAD	26.60	32.00	15.80	19.80	
DENSIDAD SECA	1.45	1.38	1.42	1.46	



Max. densidad seca	Conten. humedad óptima
<b>1.47 gr/cm3</b>	<b>22.44 %</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.

Tec.: E.E.A      Fecha de emisión : Lima, 03 de mayo del 2022

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

**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° 000121-2022-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto

**DIRECCIÓN** : Ate. Lima

**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 1

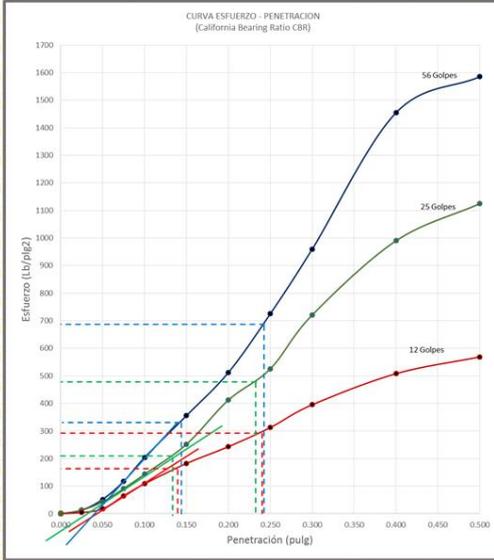
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022

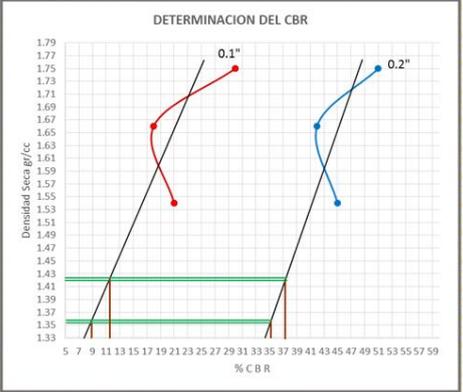
**PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay.

**FECHA DE INICIO** : 30 de abril 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.E.A

Rev.: M.M.F



Fecha de emisión: Lima, 03 de mayo del 2022

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





**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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

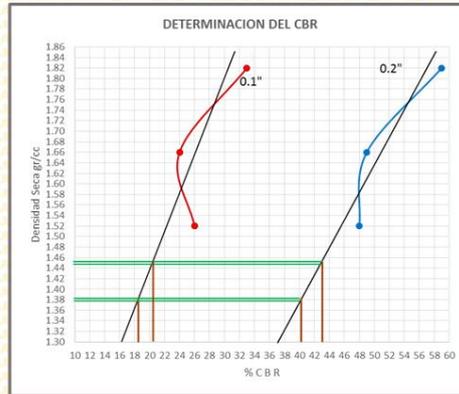
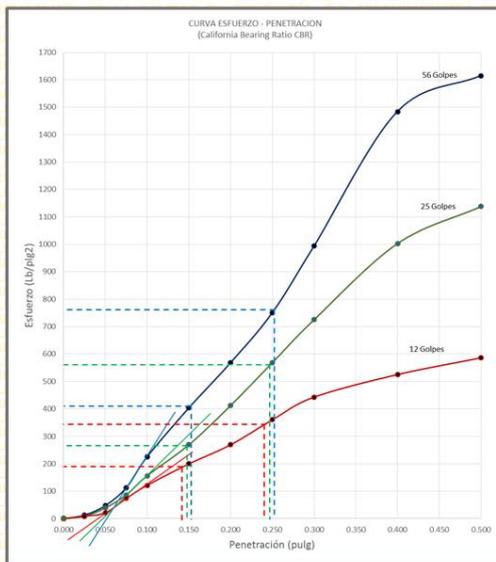
**SOLICITANTE** : Quicña Tenorio, Jorge Alberto **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay.

**REFERENCIA** : Muestra de suelo C - 2

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022 **FECHA DE INICIO** : 30 de abril 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

Fecha de emisión: Lima, 03 de mayo 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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

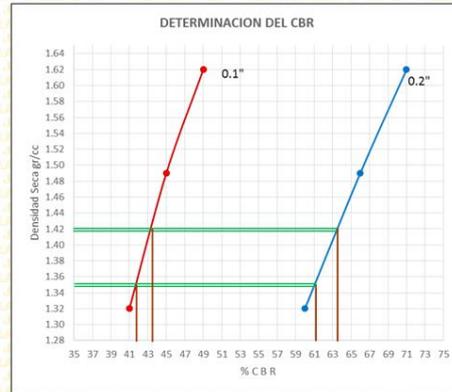
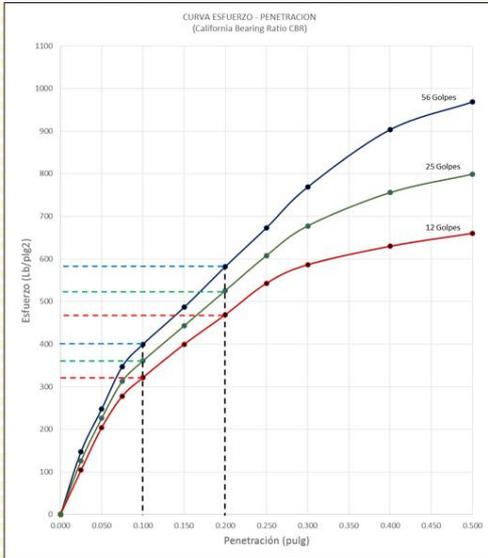
**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C – 1 + 5% polvo de hormo y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022 **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

**ENSAYO CBR - MUESTRA + 5 % POLVO DE HORNO DE CEMENTO Y EARTHZYME (ASTM D 1883 – 9 C)**



Nº GOLPES	56	25	12
g/cc	1.32	1.49	1.62
0.100	41	45	49
0.200	60	66	71

VALORES DEL CBR		
CBR AL 100%	0.1"	= 43.62 %
CBR AL 95%	0.1"	= 41.76 %
CBR AL 100%	0.2"	= 63.38 %
CBR AL 95%	0.2"	= 61.02 %

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 03 de mayo del 2022

Rev.: M.M.F.

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° 000121-2022-JBO

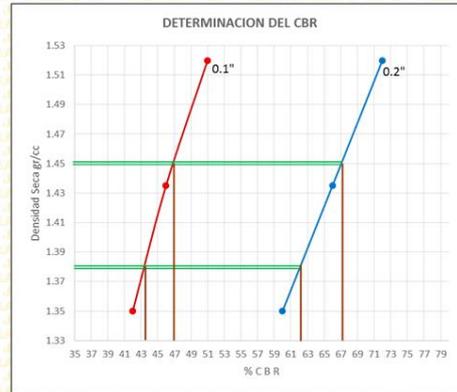
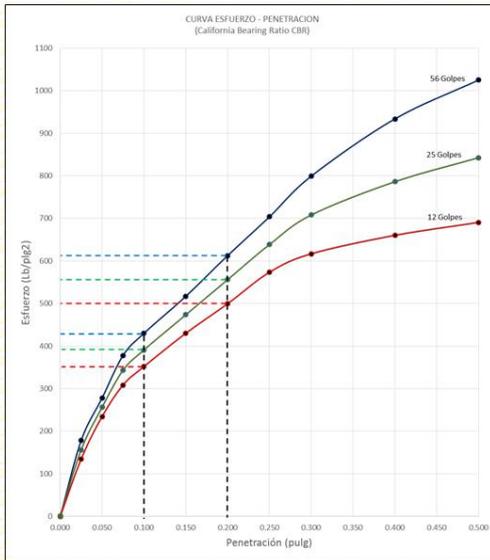
**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C – 1 + 7.5% polvo de hormo y EarthZyme **FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022 **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

**ENSAYO CBR - MUESTRA + 7.5 % POLVO DE HORNO DE CEMENTO Y EARTHZYME (ASTM D 1883 – 9 C)**



Nº GOLPES	56	25	12
g/cc	1.35	1.44	1.52
0.100	42	46	51
0.200	60	66	72

VALORES DEL CBR		
CBR AL 100%	0.1"	= 47.09 %
CBR AL 95%	0.1"	= 43.41 %
CBR AL 100%	0.2"	= 67.07 %
CBR AL 95%	0.2"	= 62.46 %

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 03 de mayo del 2022

Rev.: M.M.F.

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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

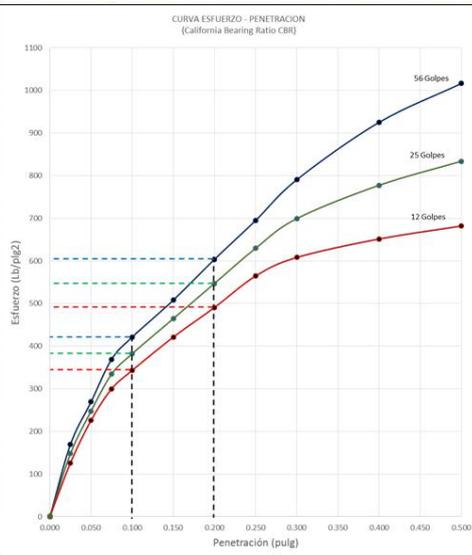
**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto      **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**DIRECCIÓN** : Ate. Lima      **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C – 1 + 10% polvo de hormo y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022      **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

**ENSAYO CBR - MUESTRA + 10 % POLVO DE HORNO DE CEMENTO Y EARTHZYME (ASTM D 1883 – 9 C)**



Nº GOLPES	56	25	12
g/cc	1.35	1.44	1.52
0.100	41	46	50
0.200	59	66	72

VALORES DEL CBR		
CBR AL 100%	0.1"	= 47.35 %
CBR AL 95%	0.1"	= 43.45 %
CBR AL 100%	0.2"	= 67.86 %
CBR AL 95%	0.2"	= 62.34 %

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 03 de mayo del 2022

Rev.: M.M.F.

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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

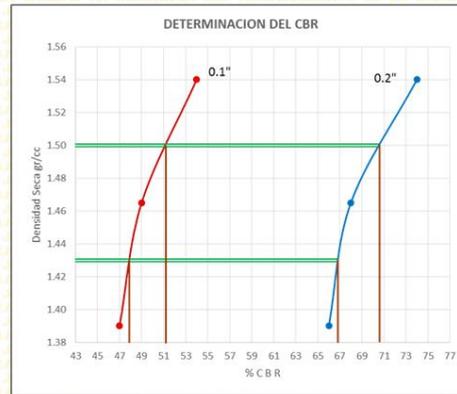
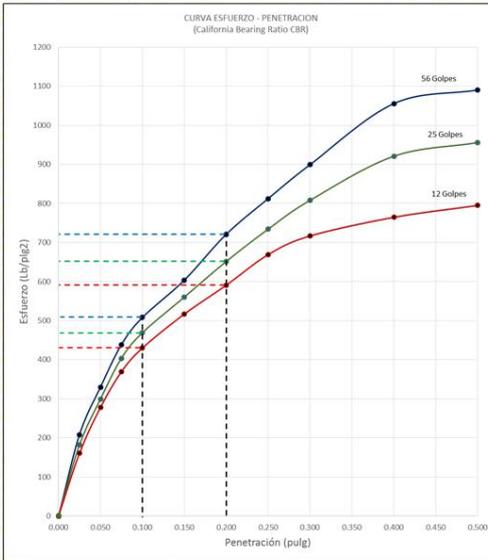
**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**DIRECCIÓN** : Ate. Lima **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C – 1 + 12.5% polvo de horno y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022 **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

**ENSAYO CBR - MUESTRA + 12.5 % POLVO DE HORNO DE CEMENTO Y EARTHZYME (ASTM D 1883 – 9 C)**



Nº GOLPES	56	25	12
g/cc	1.39	1.47	1.54
0.100	47	49	54
0.200	66	68	74

VALORES DEL CBR		
CBR AL 100%	0.1"	= 51.12 %
CBR AL 95%	0.1"	= 47.86 %
CBR AL 100%	0.2"	= 70.64 %
CBR AL 95%	0.2"	= 66.92 %

Tec. E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 03 de mayo del 2022

Rev.: M.M.F.

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° 000121-2022-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

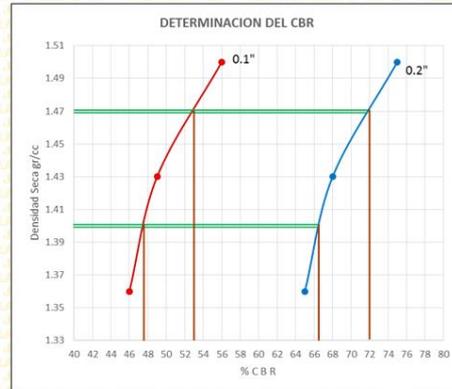
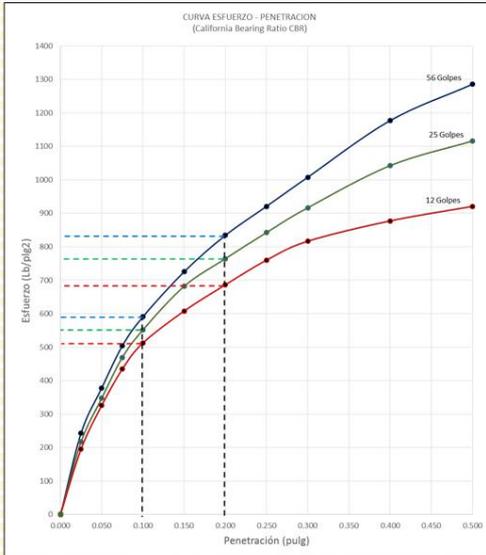
**SOLICITANTE** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto      **PROYECTO** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de hormo de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**DIRECCIÓN** : Ate. Lima      **UBICACIÓN** : Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

**REFERENCIA** : C – 1 + 15% polvo de hormo y EarthZyme

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de abril del 2022      **FECHA DE INICIO** : 30 de abril del 2022

**ENSAYO CBR - MUESTRA + 15 % POLVO DE HORNO DE CEMENTO Y EARTHZYME (ASTM D 1883 – 9 C)**



Nº GOLPES	56	25	12
g/cc	1.36	1.43	1.50
0.100	46	49	56
0.200	65	68	75

VALORES DEL CBR		
CBR AL 100%	0.1"	= 52.92 %
CBR AL 95%	0.1"	= 47.81 %
CBR AL 100%	0.2"	= 71.93 %
CBR AL 95%	0.2"	= 66.37 %

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 03 de mayo del 2022

Rev.: M.M.F.

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



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

## Anexo 6: Cotización



Calle Valladolid N° 149, 2do. Piso  
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
Lima - Perú  
Teléfonos: 683-0473 / 683-0476 / 348-6919  
informesjbo@jboingenieros.pe  
www.jboingenieros.pe

Jueves 07 de abril del 2022

### COTIZACIÓN N° 121 - 2022 - JBO

#### SEÑORES:

Jorge Quicaño Tenorio

#### ATENCIÓN:

Eduardo Villareal Flores

Asunto: Cotización de Ensayos de Laboratorio

De nuestra consideración.

Es grato dirigirme a Ud. Para atender vuestra solicitud y hacerle llegar nuestra cotización:

CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMAS	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
<b>ENSAYOS DE LABORATORIO</b>				
2	SUELOS: Método de ensayo de análisis granulométrico de suelo por tamizado (Natural)	NTP 339.128 ASTM D 422-63 AASHTO T - 267 MTC E 101	60.00	120.00
2	SUELOS: Métodos de prueba estándar para límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos (Natural)	NTP 339.129 ASTM D 4315 AASHTO T- 89 T-90 MTC E 110	70.00	140.00
3	SUELOS: Métodos de prueba estándar para límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos (Natural con aditivo)	NTP 339.129 ASTM D 4315 AASHTO T- 89 T-90 MTC E 110	70.00	210.00
2	SUELOS: Compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m <sup>3</sup> ). Proctor modificado (Natural)	NTP 339.141 ASTM D-1557 AASHTO T - 267 MTC E 115	80.00	160.00
3	SUELOS: Compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m <sup>3</sup> ). Proctor modificado (Natural con aditivo)	NTP 339.141 ASTM D-1557 AASHTO T - 267 MTC E 115	80.00	240.00

1	SUELOS: Método de ensayo de CBR (Relación Soporte de California) de suelos compactados en laboratorio (Natural)	NTP 339.145. ASTM D 1883 AASHTO T -193 MTC E 132	110.00	110.00
3	SUELOS: Método de ensayo de CBR (Relación Soporte de California) de suelos compactados en laboratorio (Natural con aditivo)	NTP 339.145 ASTM D 1883 AASHTO T -193 MTC E 132	120.00	360.00
<b>COSTO TOTAL S/.</b>				1,340.00

**NOTA**

\* Los costos No incluyen IGV.

-

**FORMA DE PAGO**

El pago de los servicios será al Contado o 50% al Iniciar y 50% a la entrega del Informe. Los pagos los pueden efectuar mediante cheque o depósito en nuestra cuenta corriente en soles 6867057 del Banco Scotiabank.

Cualquier consulta adicional agradeceremos comunicarse con nosotros al 01-683 0473, 683 0476, 348-6919, RPM # 418787 o al correo electrónico: [informes@jboingenieros.pe](mailto:informes@jboingenieros.pe).

Atentamente

JBO INGENIEROS S.A.C.  
 Asesoramiento de la Especialidad en Ingeniería  
  
 JULIO ROY ESTRELLA ESPINOZA  
 Gerente Comercial y Logística

## Anexo 6: Panel fotográfico



Imagen de la zona de estudio

Fuente: elaboración propia



Imagen de la calicata

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

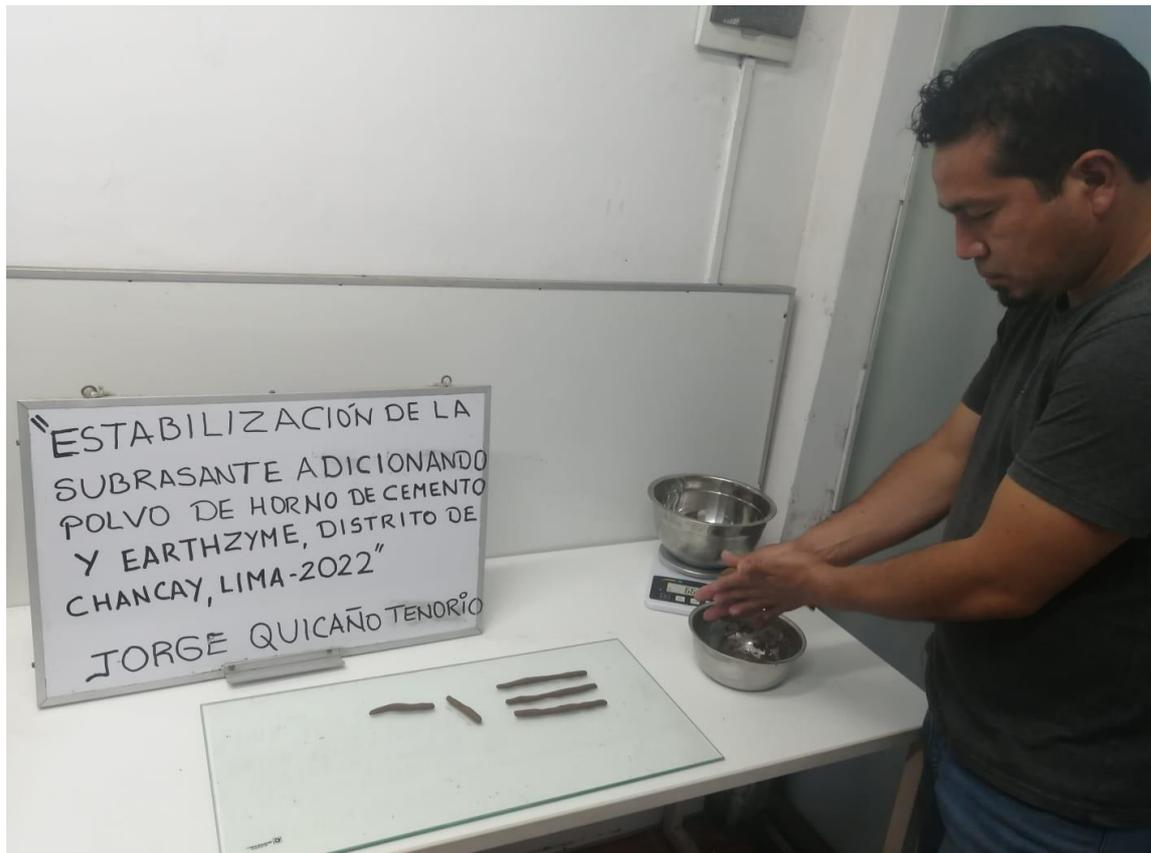


Imagen de elaboración de rollos de 3 mm de diámetro

Fuente: elaboración propia



Imagen de muestras del suelo y los aditivos

Fuente: elaboración propia



Imágenes de procedimiento del ensayo proctor

Fuente: elaboración propia



Imágenes de penetración por dial CBR

Fuente: elaboración propia

## Anexo 6: Panel fotográfico

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>AGENCIA DE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>OBRA</b>	:	Estabilización de la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022		
<b>SOLICITA</b>	:	Quicaño Tenorio, Jorge Alberto		
<b>LUGAR</b>	:	Calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay		
<b>PROFUNDIDAD</b>	:	CALICATA N° 01 DE 0.60 A 1.20 METROS		
<b>FECHA</b>	:			
<b>Ensayo contenido de humedad</b>				
DATOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	NÚMERO DE ENSAYO		
		1	2	3
1. Peso del Suelo Húmedo + Tara	(g)			
2. Peso del Suelo Seco + Tara	(g)			
3. Peso de Tara	(g)			
4. Peso de Agua	(g)			
5. Peso de Suelo Seco	(g)			
6. CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			
Σ. PROMEDIO	(%)			
<b>OBSERVACIONES:</b>				
<b>RESPONSABLES</b>				



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA GERENCIA DE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**OBRA** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022  
**SOLICITA** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto  
**LUGAR** : Calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay  
**PROFUNDIDAD** : CALICATA N° 01 DE 0.60 A 1.20 METROS  
**FECHA** :

ASTM D 4318 (95)

MÉTODO DE ENSAYO LIMITE DE CONSISTENCIA

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIZO (LL)					LIMITE PLÁSTICO (LP)					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Ensayo N°												
Peso del suelo húmedo +Tara	(g)											
Peso del suelo seco +Tara	(g)											
Peso de Tara	(g)											
Peso de agua	(g)											
Peso del suelo seco	(g)											
Contenido de Humedad	(g)											
Número de golpes												
Límite Líquido (LL)		Límite Plástico (LP)					Índice de Plasticidad (IP)			SUCS		





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
GERENCIA DE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**OBRA** : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

**SOLICITA** : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto

**LUGAR** : Calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

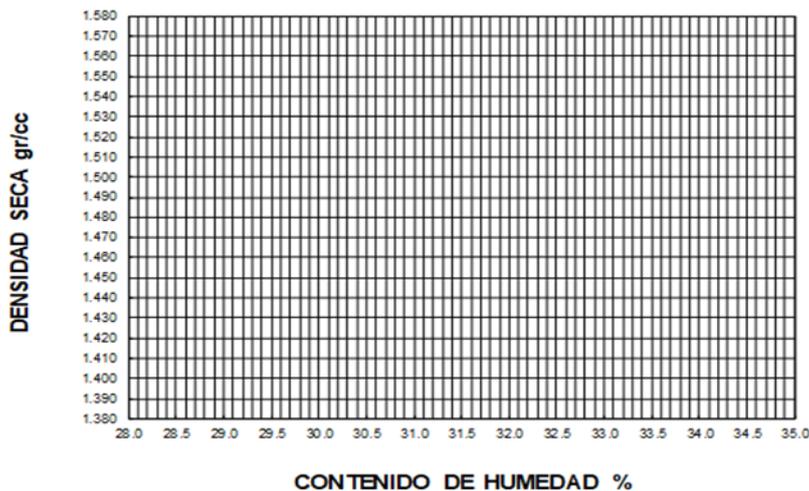
**PROFUNDIDAD** : CALICATA N° 01 DE 0.60 A 1.20 METROS

**FECHA** :

### PROCTOR MODIFICADO (ASTMD-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACION DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO					
PESO MOLDE					
PESO SUELO COMPACTADO					
VOLUMEN DEL MOLDE					
DENSIDAD HUMEDA					
<b>DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE					
SUELO SECO + RECIPIENTE					
PESO RECIPIENTE					
PESO DE AGUA					
PESO DE SUELO SECO					
CONTENIDO DE HUMEDAD					
DENSIDAD SECA					

### GRAFICO DE PROC TOR MODIFICADO



Max. densidad seca	
	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

Conten. humedad óptima	
	<b>%</b>





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA GERENCIA DE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

OBRA : Estabilización de la subrasante adicionando polvo de horno de cemento y EarthZyme, distrito de Chancay, Lima – 2022

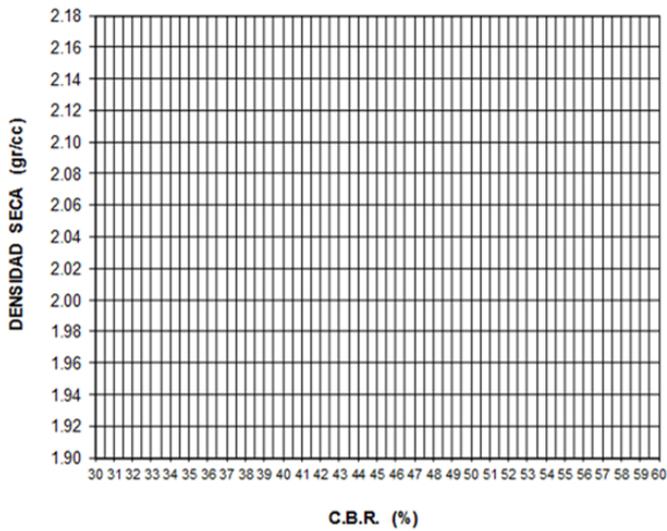
SOLICITA : Quicaño Tenorio, Jorge Alberto

LUGAR : Calle las Palmas – Urbanización Aldea Campesina del distrito de Chancay

PROFUNDIDAD : CALICATA N° 01 DE 0.60 A 1.20 METROS

FECHA :

### GRAFICO DE C.B.R.



### PARAMETROS DE C.B.R.

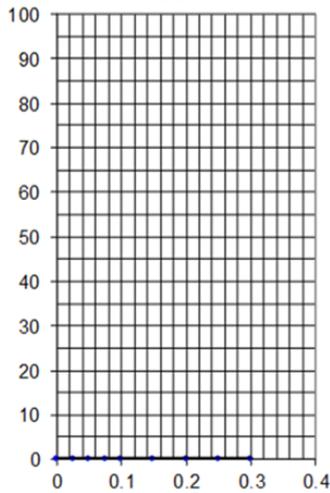
C.B.R.01" AL 100% =

C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. =

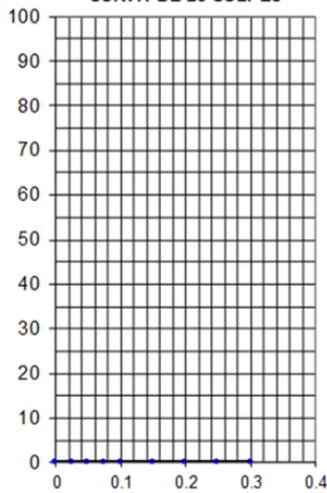
### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

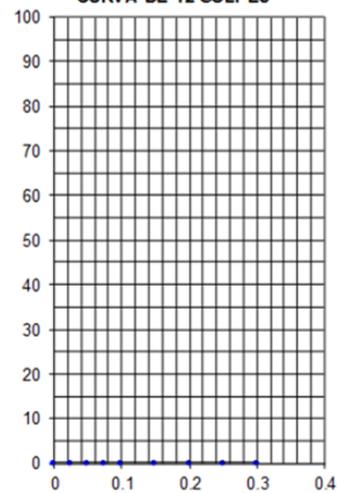
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



Rangos	Magnitud	James Cieza Untiveros	Torres Contreras	Cesar Vargas Gutierrez			
0.81 a 1.00	Muy Alta						
0.61 a 0.80	Alta						
0.41 a 0.60	Moderada						
0.21 a 0.40	Baja						
0.01 a 0.20	Muy Baja	Calificacion	9.2	Calificacion	8.9	Calificacion	9.1